



Aqua reports 2020:7

Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk

Årsrapport för 2019

Anders Adill, Carolina Åkerlund



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk

Årsrapport för 2019

Anders Adill¹, Carolina Åkerlund¹

¹**Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser,
Kustlaboratoriet, Skolgatan 6, 742 42 Öregrund

Maj 2020

Aqua reports 2020:7
ISBN: 978-91-576-9756-1 (elektronisk version)

E-post till ansvarig författare:
anders.adill@slu.se

Rapportens innehåll har granskats av:
Jens Olsson, **Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser

Vid citering uppge: 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.

Nyckelord: Kärnkraft, kylvatten, recipientkontroll, provfiske, bottenfauna.

Rapporten kan laddas ned från:
<http://pub.epsilon.slu.se/>

Chefredaktör:
Noél Holmgren, prefekt, Institutionen för akvatiska resurser, **Sveriges lantbruksuniversitet**,
Lysekil.

Finansiär:
Forsmarks kraftgrupp AB.

Framsida: Provfiske i Biotestsjön. Foto: Martina Blass.
Baksida: Vinter i Biotestsjön Foto: Martina Blass

Sammanfattning

Forsmarks kärnkraftverk är en av Sveriges största elproducenter. 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 2019 med fokus för samhällena av fisk, bentisk fauna och sjöfågel.

Under 2019 producerade Forsmarks kärnkraftverk 25,3 terawattimmar (TWh) el i sina anläggningar, det näst mest intensiva produktionsåret sedan starten 1981. För kylning av processen i kondensatorerna kräver driften av kraftverkets tre reaktorer närmare 150 kubikmeter brackvatten per sekund. Kylvattnet som tas in i kärnkraftverket, värms då upp med cirka 11°C innan det pumpas ut till närrecipienten Biotestsjön. Under högsommaren den 27 juli var vattentemperaturen som högst i Biotestsjön med 29,6°C, därefter sjönk temperaturerna successivt i recipienten.

Förlusterna av fisk i silstationerna vid kylvattenintaget utgjordes som tidigare år av främst småväxta fiskarter och årsyngel. Mängderna storspigg i förlusterna var de största sedan undersökningarna inleddes, och uppgick till 19 miljoner individer under vårperioden och 59 miljoner under hösten. Omfattningarna av strömmingsyngel som fastnade i kylvattenintaget under hösten var stora och visade att rekryteringarna av strömming sannolikt var god i Forsmarksområdet under 2019. Antalet ålar som fastnade i silstationerna var likt närmast föregående år litet, och nästintill samtliga individer var blankålar som sannolikt var på väg mot lekområdena i Sargassohavet.

Tätheterna av fisk i Biotestsjön var likt föregående år höga, både under våren och på hösten. Biotestsjöns varma vatten attraherar stora mängder fisk att vandra in i området under våren för lek, främst varmvattenarterna mört, abborre och björkna. Kallvattenarter som öring och sik förekommer i väldigt liten omfattning i Biotestsjön. Tätheterna av årsyngel i Biotestsjön under augusti månad var relativt låga, förutom för mört. Det fångades däremot stora mängder abborryngel under oktober månad i samband med nätprovfisket, och samtliga individer var i god kondition och uppvisade snabb tillväxt under året.

Vid undersökningarna i fjärrecipienten Forsmarks skärgård fångades stora mängder fisk i undersökningarna i augusti. För första gången sedan provfisket inleddes 2002 var fångsterna större i Forsmark jämfört med referensområdet i Finbofjärden. Fångsterna i Forsmark utgjordes till största del av små individer av mört och den negativa trenden för arten verkar därmed ha avstannat. En förklaring till de stora mängderna mört i Forsmark kan vara att de goda förhållandena de senaste åren, med varma vårar och somrar, bidragit till god rekrytering i området. En ökad utvandring av unga mörtar från Biotestsjön kan också bidragit till att mängden mört var stor i Forsmarks skärgård under 2019.

Under 2019 års undersökningar av mjukbottenfauna registrerades totalt tio arter i Forsmark och tolv arter i referensområdet Finbofjärden. På medeldjupa stationer i båda områdena var förekomsten av Östersjömussla störst. Amerikansk havsborstmask var fortsatt dominerande på djupare stationer i både Forsmark och referensområdet Finbofjärden. Märkräftan (*Leptocheirus pilosus*) fanns återigen i höga tätheter på hårbottnar i Biotestsjön jämfört med 2018 års provtagningar och bidrog till att tätheterna av bottenfauna på hårda bottnar var de högsta sedan undersökningarnas inleddes. Abundansen av nyzeeländsk tusensnäcka var likt föregående år låga över hela Forsmarksområdet.

De enskilt viktigaste områdena för sjöfågel i Forsmarks skärgård finns i Biotestsjön och utanför intagskanalen i Asphällafjärden. Dessa områden tillsammans med utsläppsområdet utanför Biotestsjön förblir isfria under hela året och möjliggör att fåglar kan övervintra i kustområdet. Vigg var den vanligaste arten i området och uppehöll sig till stor del i Biotestsjön. Mellanskarven fanns i mindre omfattning jämfört med tidigare år och genomförde inga häckningar i Biotestsjön under 2019.

Innehållsförteckning

1	Inledning	5
2	Kraftverkets drift och temperaturpåverkan	7
3	Kontrollprogram och metodik	8
3.1	Silstationen	8
3.2	Provfisken	9
3.2.1	Provfiske med kustöversiktsnät	9
3.2.2	Provfiske med ryssjor	9
3.2.3	Provfiske med Nordiskt kustöversiktsnät	9
3.2.4	Provfiske med detonationsteknik	9
3.3	Kontroll av kondition- och gonadskador	9
3.4	Kontroll av fiskens ålder och tillväxt	10
3.5	Kontroll av sjukdomar, skador och parasitering hos fisk	10
3.6	Bottenfauna	11
3.6.1	Mjukbottenfauna	11
3.6.2	Hårdbottenfauna	12
3.7	Fågelinventeringar	12
3.8	Insamling av omgivningsdata	13
4	Resultat	14
4.1	Silstationen	14
4.2	Provfisken	18
4.2.1	Provfiske med kustöversiktsnät	18
4.2.2	Provfiske med ryssjor	20
4.2.3	Provfiske med Nordiskt kustöversiktsnät	21
4.2.4	Provfiske med detonationsteknik	23
4.3	Kontroll av kondition och gonadskador hos fisk	24
4.4	Kontroll av ålder och tillväxt	25
4.5	Kontroll av sjukdomar, skador och parasitering hos fisk	26
4.6	Bottenfauna	27
4.6.1	Mjukbottenfauna	27
4.6.2	Hårdbottenfauna	28
4.7	Fågelinventeringar	30
5	Diskussion	32
	Referenslista	36

1 Inledning

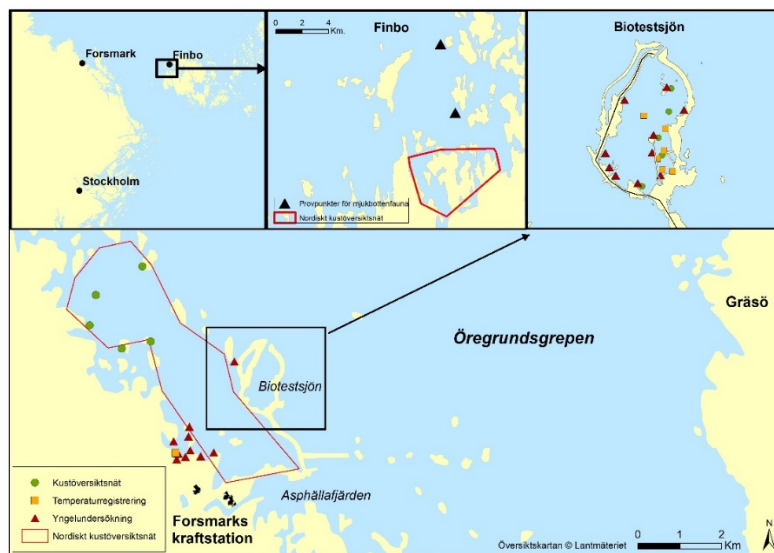
Denna rapport redovisar resultat från den biologiska kontrollverksamheten i vattenrecipienten utanför Forsmarks kraftstation under 2019 för samhällena av fisk, mjuk- och hårbottenfauna samt sjöfågel. Undersökningarna i området har pågått sedan 1969 och har under årens lopp främst fokuserat på dödlighet 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 i nordvästra Åland och presenteras i årliga rapporter (Adill m.fl. 2018). 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 söderifrån. Inloppet av kylvatten till anläggningen syns till vänster och utloppet till Öregrundsgrepen längst upp i bilden. Nordväst om inloppet syns inloppet av kylvatten från reaktor tre (F3).

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 1982 (F2) och 1985 (F3). För kylning av processen i kondensatorerna kräver driften av kraftverkets tre reaktorer närmare 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. Mindre organismer, till exempel djurplankton och fisklarver, kan passera genom silarna (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.

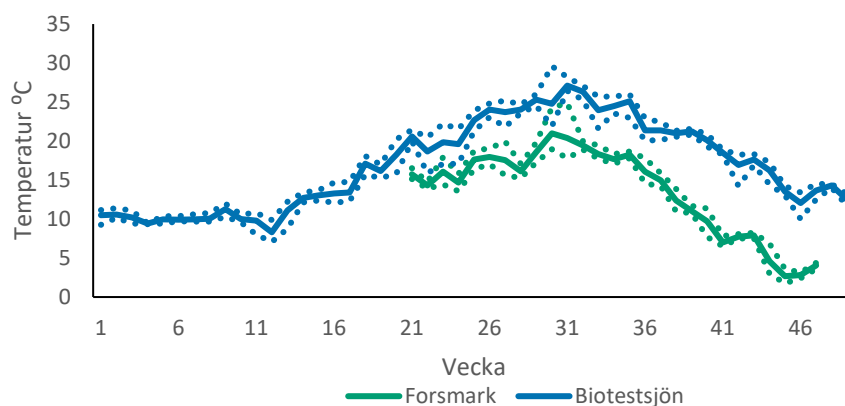


Figur 2. Översikt av undersökningsområdet i Öregrundsgrepen med provtagningspunkter för undersökningarna i Biotestsjön och i närrecipienten Forsmarks skärgård. I figuren visas dessutom referensområdet i Finbofjärden på Åland med provtagningspunkterna i området.

2 Kraftverkets drift och temperaturpåverkan

Under 2019 producerade Forsmarks kärnkraftverk 25,3 terawattimmar (TWh) el i sina anläggningar, det näst mest intensiva produktionsåret sedan starten. De senaste åren har en rad moderniseringar och livstidsförlängande åtgärder genomförts i anläggningen, vilket bland annat resulterat i en effekthöjning för reaktor F2. Åtgärderna har även medfört att kylvattenflödet till det gemensamma intaget för F1 och F2 har ökat till drygt 100 m³/s jämfört med tidigare 88 m³/s, och att temperaturen i kylvattenutsläppet har ökat med cirka 1°C. Under 2019 hade Forsmarks kärnkraftverk ett längre avbrott i produktionen i samband med de planerade revisionsavställningarna, för F1 22 april – 2 juni, för F2 28 juli – 10 augusti och för F3 30 juni – 17 juli.

Temperaturen i Biotestsjön varierade under 2019 från drygt 7°C under vintermånaderna, till över 29°C i slutet av juli (figur 3). Den högsta temperaturen uppmättes dagen innan revisionsavställningarna för F2 den 27 juli då vattentemperaturen var 29,6 °C, därefter sjönk temperaturerna successivt i Biotestsjön.



Figur 3. Vattentemperaturer centralt i Biotestsjön och Forsmarks skärgård (Ön) under 2019. Heldragen linje anger medeltemperaturen per vecka och streckade linjer 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 2015).

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. Av mindre fiskar än åtta centimeters längd tas fem stycken stickprov om en liter styck. Fiskarna 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 Provfiske 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, abborre och mört.

3.2.2 Provfiske med ryssjor

Fiske med ryssjor genomförs i Biotestsjön under fyra veckor i april. Under fiskeperioden fiskas sex stationer med tre parrysjor länkade med varandra. Redskapen sätts i sjön vid början av perioden och vittjas en gång 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.

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 (kustöversiktsnät) för referensprov genomförs enligt samma metodik som ovan.

Forsmark

Vid provfisket med Nordiskt kustöversiktsnät 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 Kustöversiktsnät, Nordiskt kustöversiktsnät och rys-sjor, 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 (Thoresson 1992). 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.

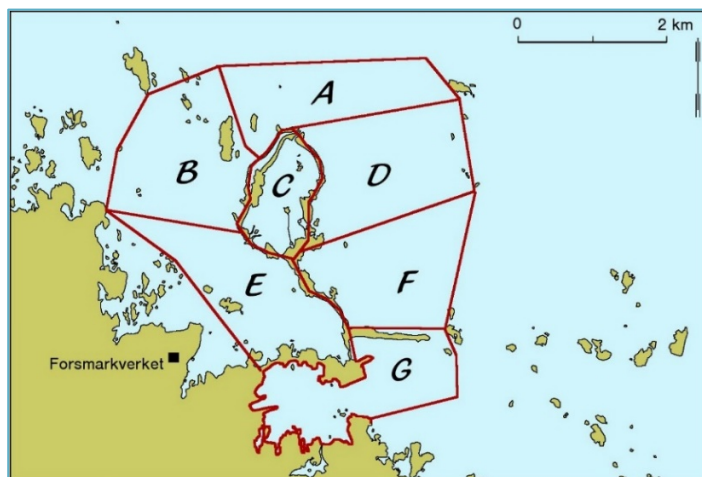
3.6.2 Hårdbottenfauna

Provtagningen av hårbottenfauna genomförs enligt metodik med så kallade Landforsplattor (Adill m.fl. 2015), som placeras ut på fyra provtagningstationer 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.

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 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.



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 mätpunkt vid bron.

Forsmark

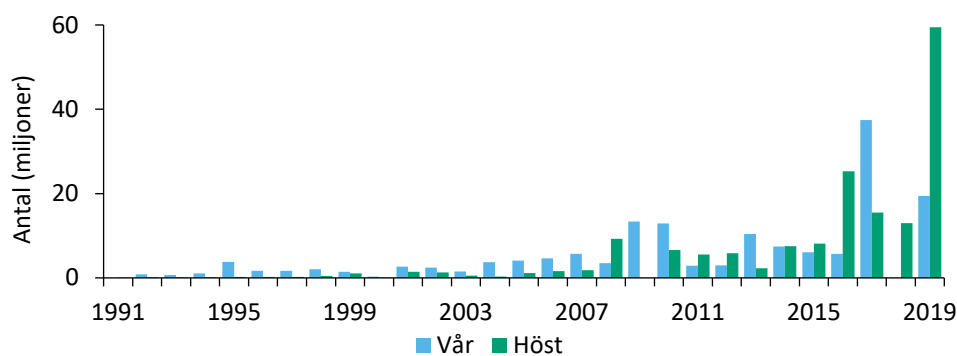
Temperaturen registreras kontinuerligt med en temperaturlogger i Forsmarks skärgrård vid Ön (figur 2). Utsättning av temperaturlogger sker efter islossning under våren och tas upp under senhösten innan isen hunnit lägga sig. Det finns även en fast mätpunkt i kylvattenkanalen till kraftverket som administreras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

4 Resultat

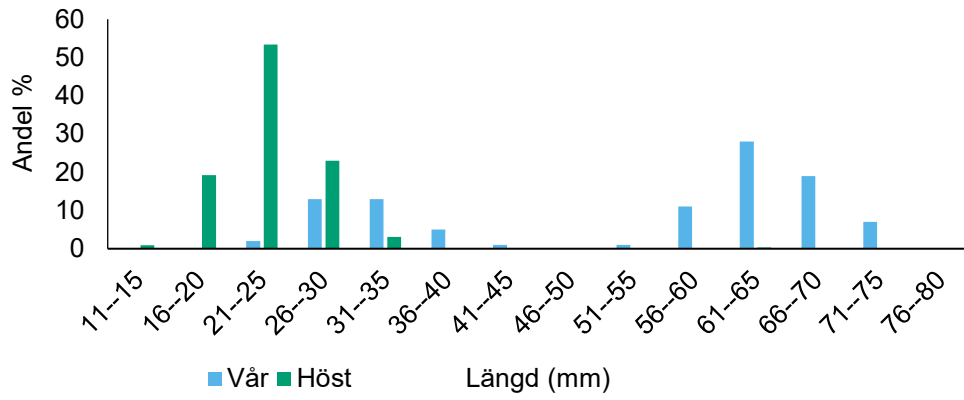
4.1 Silstationen

De beräknade förlusterna av fisk i silstationerna uppgick till drygt 21 miljoner individer fördelade på 24 arter under våren och drygt 69 miljoner individer fördelade på 27 arter under hösten (tabell 1). Förlusterna under höstperioden var utan jämförelse de största sedan provtagningarna startade i början av 1990-talet. Likt tidigare år utgjordes förlusterna främst av småväxta arter som storspigg och småspigg, samt årsyngel av strömming (tabell 1).

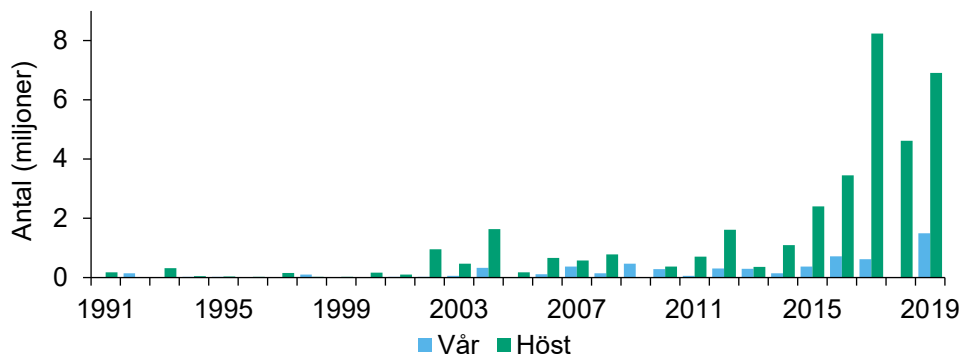
Den art som förekom särklass mest i provtagningarna var storspigg som omfattade cirka 90 % av proverna under vår- och höstperioden. De stora mängderna storspigg bestod av vuxna individer under våren och främst av årsyngel under höstperioden (figur 6 och 7). Småspigg förekom också i stora mängder i undersökningarna och omfattade stor andel av provtagningarna både under våren och på hösten (figur 8).



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



Figur 7. Längdfördelning för storspigg i silstationen under vår- och höstperioden.



Figur 8. Förluster av småspigg i silstationerna under vår- och höstperioden.

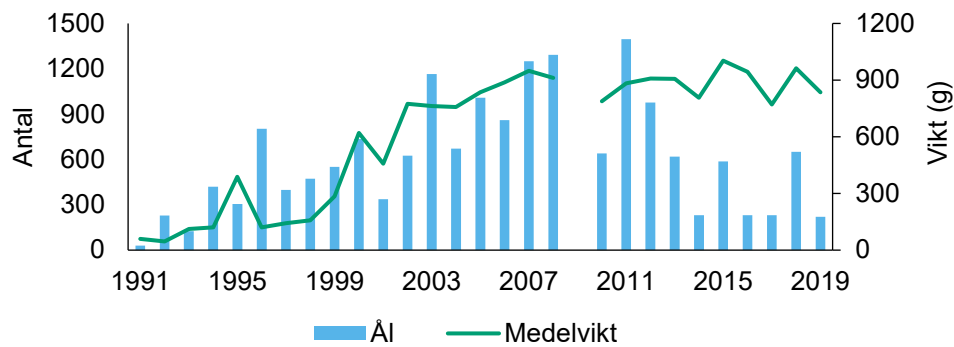
Tabell 1. Beräknade fiskförluster (antal individer under vår- och höstperioden) och medelvikt (gram) i silstationerna per art.

Art	Vår	Medelvikt	Höst	Medelvikt
Storspigg	19 451 712	1,5	59 439 135	0,3
Småspigg	1 500 807	0,5	6 905 955	0,4
Sandstubb	242 498	0,6	87 203	0,1
Strömming	92 600	2,7	2 208 045	1,5
Mindre havsnål	49 539	0,6	398 948	0,3
Mört	34 650	2,7	1 869	2,3
Kusttobis	15 645	1,6	113 085	0,6
Löja	9 587	5	95	6,7
Abborre	7 665	3,2	6 699	4,7
Nors	3 119	17,4	7 214	13,6
Björkna	1 785	6	1 922	2,1
Gädda	725	0,7	42	21,8
Gers	504	28,6	420	26,3
Tånglake	441	17,3	305	21,1
Gös	147	49,4	84	78,8
Skarpsill	105	11	746	11,1
Svart smörbult	84	4,9	32	2,3
Sarv	32	19,3	1 166	3,2
Id	21	7,5	1 680	2,3
Braxen	11	354	11	590
Flodnejonöga	11	26	336	60
Piggvar	11	9	11	1
Tångsnälla	11	1	11	0,8
Ål	11	1095	221	835,6
Hornsimpa			21	142,5
Stensimpa			11	3
Sutare			1 502	2,6
Totalt	21 411 716		69 176 762	

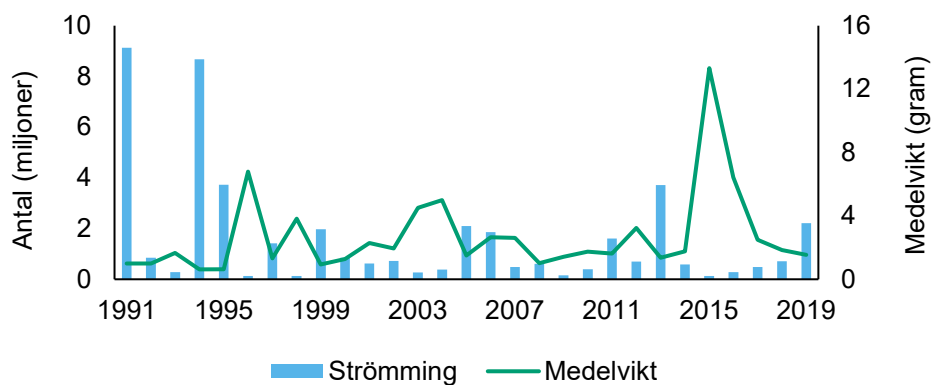
Förlusterna av ål i silstationen under 2019 var relativt små jämfört med föregående år och det största antalet förekom under höstprovtagningarna (tabell 1 och figur 9). De ålar som återfanns i provtagningarna var mestadels stora individer och en hög andel var blankålar (ålens lekvandringsmogna levnadsstadium).

Omfattningarna av strömming i provtagningarna under hösten var stor, och största andelen utgjordes av årsyngel (figur 10 och 11). Förlusterna under 2019 var bland de största sedan provtagningarna under första hälften av 1990-talet.

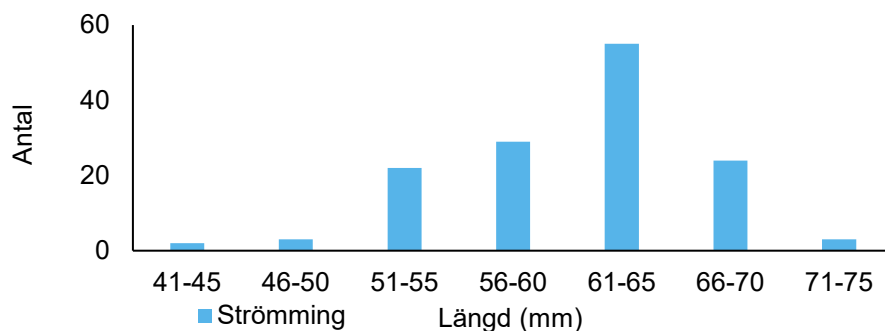
Under höstperioden var förekomsterna av nästintill samtliga varmvattenarter i undersökningarna stora. För arter som sutare, id och sarv noterades de största förlusterna sedan provtagningarna inleddes i början av 1990-talet. Andra arter som förekom i stora mängder under hösten jämfört med tidigare år var flodnejonöga, kusttobis och mindre havsnål (tabell 1).



Figur 9. Förluster och medelvikt av ål i silstationerna under höstprovtagningsperioden 2019. 2009 års värden saknas på grund av alltför reducerade provtagningar.



Figur 10. Förluster av strömming i silstationerna under höstperioden.



Figur 11. Längdfördelning för strömming i silstationen under höstperioden.

4.2 Provfisken

4.2.1 Provfiske med kustöversiktsnät

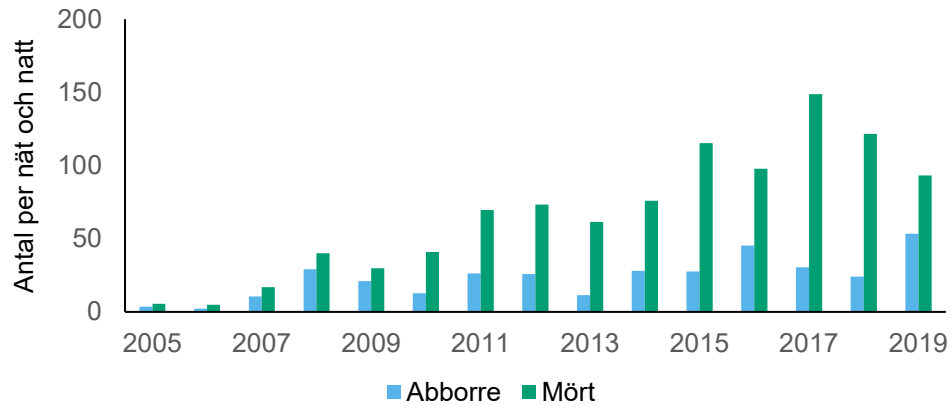
Biotestsjön

Vid provfiskena med kustöversiktsnät i Biotestsjön under 2019 fångades totalt 9 137 individer av tio olika arter samt en hybrid sannolikt av mört och sarv (tabell 2). Tätheterna av fisk var som störst under vårperioden och vanligast förekommande arter var mört och abborre. Fångsterna av abborre under vårperioden var de största sedan undersökningarna inleddes 2005 (figur 12).

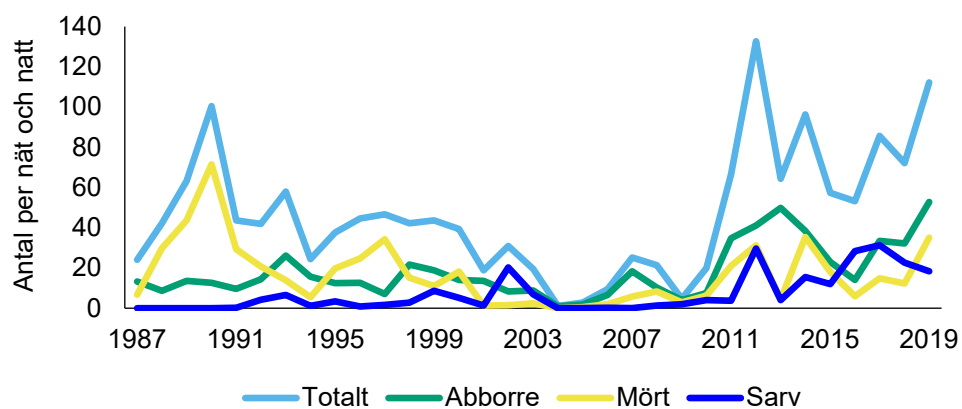
Under höstperioden var fångsterna likt föregående år omfattande och mängderna abborre i undersökningarna var de största som uppmätts (figur 13).

Tabell 2. Fångster i provfiskena med kustöversiktsnät i Biotestsjön under 2019. Fångsterna presenteras som antal och CPUE (fångst per nät och natt), uppdelade på vår (mars-juni), höst (oktober) och vinter (december).

Art	Vår Biotestsjön		Höst Biotestsjön		Vinter Biotestsjön	
	Antal	CPUE	Antal	CPUE	Antal	CPUE
Mört	3064	76,6	522	26,1	188	18,8
Abborre	2009	50,2	824	41,2	134	13,4
Björkna	1073	26,8	94	4,7	28	2,8
Sarv	323	8,1	395	19,75	132	13,2
Gärs	256	6,4	8	0,4	7	0,7
Löja	33	0,8	1	0,05		
Gädda	22	0,6	10	0,5	2	0,2
Id	3	0,1		0	1	0,1
Sutare	3	0,1	2	0,1	1	0,1
Braxen			1	0,05		
Hybrid mört-sarv			1	0,05		
Totalt	6786	169,65	1858	92,9	493	49,3
Antal arter		9		9		8



Figur 12. Fångst av abborre och mört i Biotestsjön under vårens provfiske med kustöversiktsnät mellan år 2005 och 2019.



Figur 13. Fångster av mört, sarv, abborre samt totalt vid provfiske med kustöversiktsnät under oktober månad under åren 1987-2019.

Forsmarks skärgård

Vid provfiskena med kustöversiktsnät i Forsmarks skärgård under oktober fångades totalt 934 individer av tio olika arter (tabell 3). Fångsterna (antal och CPUE) i Forsmarks skärgård uppgick till ungefär hälften av de i provfisket i Biotestsjön. De största fångsterna utgjordes av mört och abborre, och till skillnad från provfisket i Biotestsjön under samma period fångades även strömming och sik, så kallade kallvattenarter (tabell 3).

Tabell 3. Fångster i provfiskena med kustöversiktsnät i Forsmarks skärgård under oktober 2019. Fångsterna presenteras som antal och CPUE (fångst per nät och natt) för ostörda stationer.

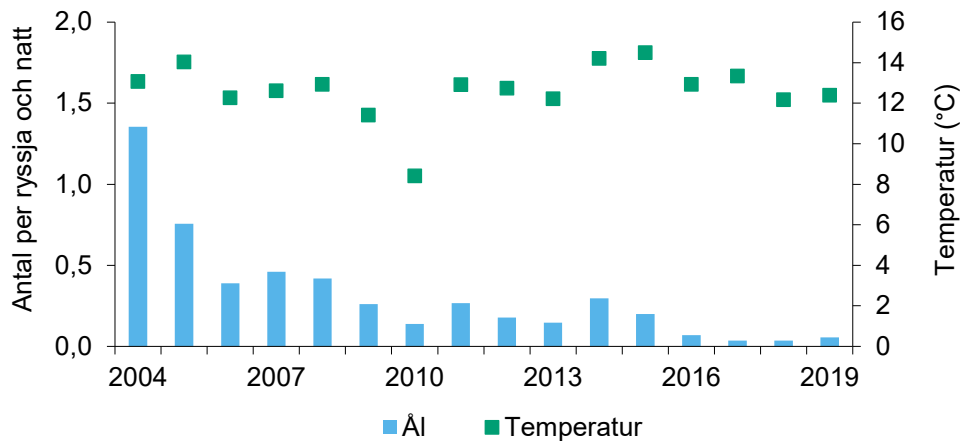
Art	Antal	CPUE
Mört	351	17,6
Abborre	267	13,4
Strömming	138	6,9
Gärs	132	6,6
Björkna	20	1,0
Sarv	15	0,8
Id	6	0,3
Sik	2	0,1
Storspigg	2	0,1
Löja	1	0,1
Totalt	934	46,7
Antal arter	10	

4.2.2 Provfiske med ryssjor

Provfisket med ryssjor i Biotestsjön under april månad 2019 fångade totalt 742 individer av åtta olika arter (tabell 4). Fångsterna av ål var likt föregående år små jämfört med perioden när provfisket med ryssjorna inleddes 2004 (figur 14).

Tabell 4. Fångster i provfiskena med ryssjor i Biotestsjön under april 2019. Fångsterna presenteras som antal och CPUE (fångst per ryssjehus och natt).

Art	Antal	CPUE
Mört	232	0,195
Abborre	210	0,177
Gärs	192	0,162
Gulål	67	0,056
Björkna	14	0,012
Sutare	13	0,011
Sarv	11	0,009
Gädda	3	0,003
Totalt	742	0,625
Antal arter	8	



Figur 14. Fångster av ål i Biotestsjön under åren 2004 till 2019. Gröna boxar anger medeltemperaturen vid vittningarna under provfiskeperioden i april.

4.2.3 Provfiske med Nordiskt kustöversiktsnät

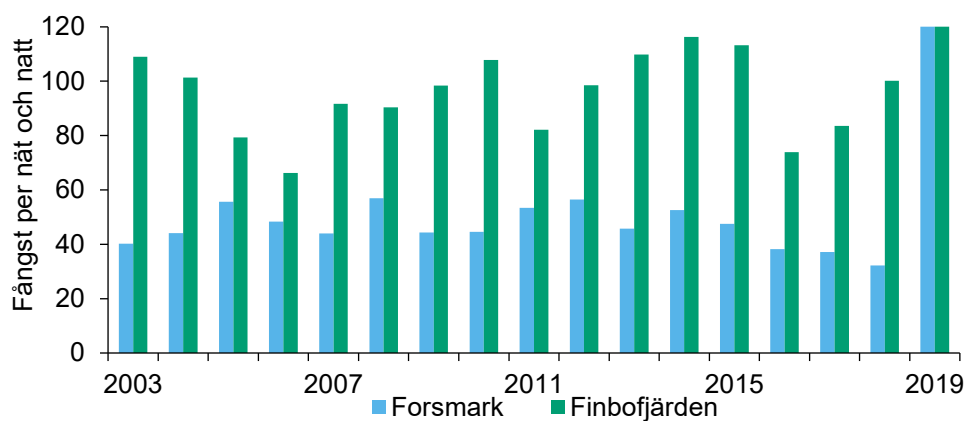
Forsmarks skärgård och referensområde Finbofjärden

I provfisket med Nordiska kustöversiktsnät i Forsmarks skärgård fångades totalt 5 923 individer av 15 olika arter (tabell 5). Fångsterna under 2019 var ovanligt stora jämfört med tidigare år och de klart största sedan provfisket inleddes 2002 (figur 15). Vanligaste arten i fångsterna var mört, som utgjordes främst av små individer (figur 16). Under 2019 var det första gången som totalfångsterna i Forsmark var större än provfiskefångsterna i referensområdet Finbofjärden (figur 15).

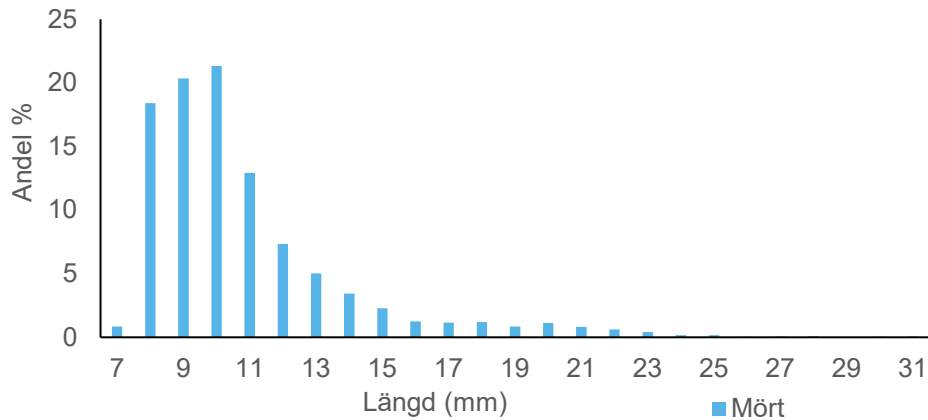
I referensområdet Finbofjärden fångades 5 080 individer av 14 olika arter (tabell 5). I Finbofjärden utgjordes drygt 40 % av fångsterna av abborre och inslaget av så kallade kallvattenarter, såsom skrubbskädda, nors och sik, var större jämfört med i Forsmarksområdet (tabell 5).

Tabell 5. Fångster i Nordiskt kustöversiktsnät i Forsmarks skärgård i augusti under 2019. Fångsterna presenteras som antal och CPUE (fångst per nät och natt) för ostörda stationer.

Art	Forsmark		Finbofjärden	
	Antal	CPUE	Antal	CPUE
Mört	2949	65,53	1616	35,91
Abborre	1345	29,89	2139	47,53
Björkna	816	18,13	542	12,04
Löja	410	9,11	120	2,67
Gärs	231	5,13	242	5,38
Strömming	94	2,09	311	6,91
Storspigg	28	0,62		
Gös	19	0,42	21	0,47
Braxen	13	0,29	64	1,42
Id	8	0,18		
Vimma	3	0,07		
Skarpsill	2	0,04	2	0,04
Sutare	2	0,04		
Tånglake	2	0,04		
Gädda	1	0,02	7	0,16
Nors			12	0,27
Skrubbskädda			2	0,04
Svart smörbult			1	0,02
Sik			1	0,02
Totalt	5923	131,62	5080	112,89
Antal arter	15		14	



Figur 15. Fångst i antal per nät och natt av samtliga arter i Forsmark och Finbofjärden i augusti månad mellan 2003 och 2019. Resultaten från 2002 saknas i figuren eftersom undersökningarna genomfördes endast i Forsmark det året.



Figur 16. Längdfördelning av mört från provfisket i Forsmark under 2019.

4.2.4 Provfiske med detonationsteknik

Vid undersökningarna av yngel och småfisk med detonationsteknik i Biotestsjön fångade totalt 300 individer, varav 287 utgjordes av årsyngel (tabell 6). Tätheterna av småfisk och yngel var relativt låga jämfört med närmast föregående år, under 2018 fångades till exempel 2473 årsyngel av sex olika arter (Adill m fl 2019). I likhet med 2018 års undersökningar var årsyngel av mört den vanligast förekommande arten i provtagningarna. Tätheterna av abborre låg liksom under de senaste åren på låga nivåer. Under 2019 noterades årsyngel av sutare för första gången sedan undersökningarna inleddes i Biotestsjön.

I Forsmarks skärgård utgjordes fångsterna i större utsträckning av kallvattenarter såsom elritsa, storspigg och sandstubb (tabell 6). Under 2019 var tätheter av abborryngel låga och årsyngel av mört saknades helt. Storleken på de fångade årsynglen av abborre var relativt stora och visade på en stark tillväxt under året (tabell 6).

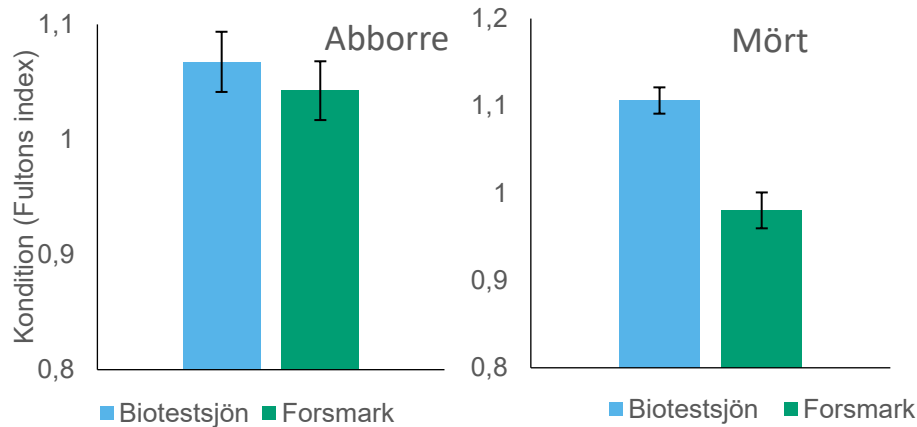
Tabell 6. Förekomst av juvenil/adult fisk (äldre än årsyngel), årsyngel och CPUE för årsyngel (antal per skott) i Biotestsjön och Forsmark under 2019. Längd presenteras som medellängd i millimeter för årsyngel av utvalda arter.

Art	Biotestsjön				Forsmark			
	Juvenil /Adult	Yngel	CPUE Yngel	Längd	Juvenil /Adult	Yngel	CPUE Yngel	Längd
Mört	2	203	6,77	35,6	41			
Abborre	3	39	1,30	102,6	2	21	0,7	88,74
Löja	7	35	1,17		2	2	0,07	
Gädda		4	0,13	222,75		1	0,03	165,00
Sarv		3	0,10					
Björkna		1	0,03					
Elritsa		1	0,03		220	32	1,07	
Gärs	1		0,00					
Sutare		1	0,03					
Storspigg						220	7,33	
Sandstubb					33	145	4,83	
Strömming						3	0,1	
Småspigg					1		0,03	
Svart smörbult					1			
Totalt	13	287	9,57		300	424	14,13	

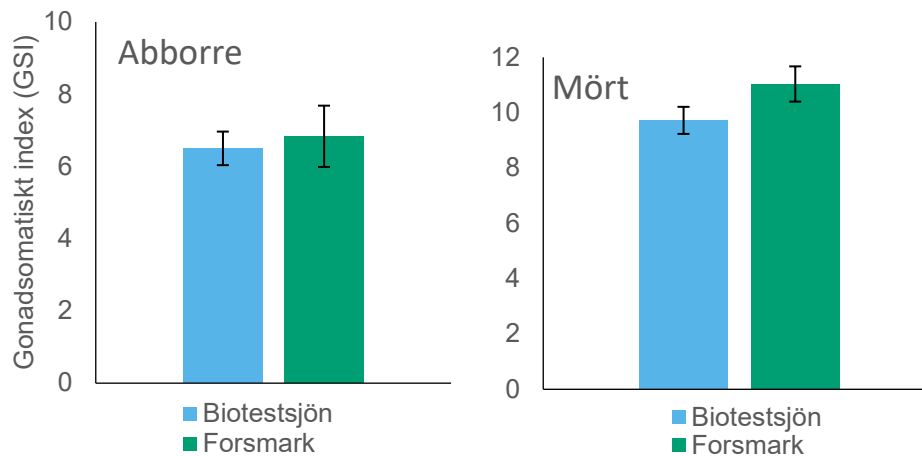
4.3 Kontroll av kondition och gonadskador hos fisk

Vid kontrollerna av kondition hos abborre i Biotestsjön och referensområdet i Forsmarks skärgård påträffades inga individer med onormalt låga värden, och det fanns ingen skillnad mellan områdena (figur 17). För mört var konditionen betydligt högre i Biotestsjön jämfört med Forsmarks skärgård, och i provtagningarna från referensområdet i Forsmarks skärgård återfanns flertalet mörtindivider med väldigt låga konditionsvärden.

Vid gonadkontrollerna hos abborre och mört påträffades inga individer i Biotestsjön med tecken på skador på gonaderna (figur 18). I referensområdet i Forsmarks skärgård påträffades två mörthonor med gonadskador, där båda individerna hade missbildade gonader. Vid jämförelserna mellan abborrar från Biotestsjön och Forsmarks skärgård fanns ingen skillnad i gonadsomatiskt index. För mört fanns en tendens till att individer i Biotestsjön hade lägre gonadsomatiskt index jämfört med individer i Forsmarks skärgård (figur 18).



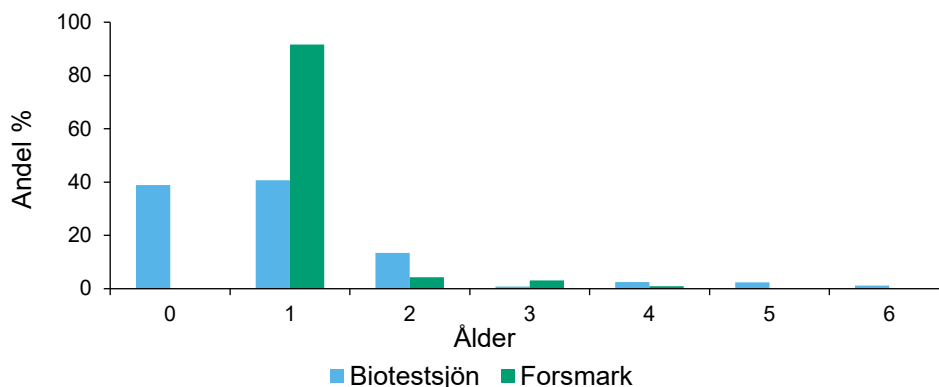
Figur 17. Kondition hos abborre och mört i Biotestsjön och Forsmark angivet som Fultons index. Felstaplar anger 95 % konfidensintervall.



Figur 18. Gonadosomatiskt index hos abborre och mört i Biotestsjön och Forsmark. Felstaplar anger 95 % konfidensintervall.

4.4 Kontroll av ålder och tillväxt

Vid kontroll av ålder hos abborre i Biotestsjön och Forsmarks skärgård under oktober, visade provtagningarna att den största andelen utgjordes av unga individer i båda områdena. I Biotestsjön fångades störst andel årsyngel och ettåriga individer och de äldsta abborrarna som påträffades var sex år gamla (figur 19). I Forsmarks skärgård var ettåriga individer vanligast, och utgjorde 92 % av fångsterna. Årsyngel saknades helt i fångsterna i Forsmarks skärgård (figur 19).



Figur 19. Åldersfördelning av abborre i provfiskena med kustöversiktsnät Biotestsjön och Forsmark under oktober.

I kontrollerna av tillväxt hos abborrhonor i Biotestsjön, Forsmarks skärgård och i referensområdet i Finbofjärden visade resultaten att det finns skillnader i tillväxt mellan områdena. I Biotestsjön var årsyngel av abborre under oktober månad 13,2 centimeter i medellängd och ettåriga individer 20,0 centimeter (tabell 7). Under samma period i Forsmarks skärgård var ettåriga individer 16,0 centimeter. Vid jämförelser mellan Forsmarks skärgård och Finbofjärden under augusti månad var abborrar från Forsmark generellt större och var som ettåriga individer 14,5 centimeter (tabell 7). I Finbofjärden saknades årsyngel i proverna och sannolikt var storleken på ynglen så liten att de inte kunde fångas i provfiskenaäten.

Tabell 7. Medellängd i centimeter vid ålder hos abborrhonor i Biotestsjön och Forsmarks skärgård i augusti och oktober månad.

Ålder	Augusti		Oktober	
	Forsmark	Finbofjärden	Biotestsjön	Forsmark
0	8,1		13,2	
1	14,5	9,7	20,0	16,0
2	21,8	12,9	25,1	23,0
3	23,6	17,7	30,6	25,0
4	27,6	20,8	29,5	26,4
5	29,4	24,2	30,5	
6	30,5	25,8	32,6	

4.5 Kontroll av sjukdomar, skador och parasitering hos fisk

Vid kontroller av sjukdomar, skador och parasitering hos fisk i samband med provfiskena påträffades ett fåtal individer i Biotestsjön och Forsmarks skärgård med

sjukdomar och skador (tabell 8). Likt föregående år påträffades individer med mopsskalle (skelettskada uttryckt i förkortning av pannben), ryggradskrökning (antingen medfödda eller förvärvade) och tumörer (tumörliknande bildningar orsakad av virus). Omfattningarna av svarta fläcksjukan (parasitering av digena trematoder) hos karpfisken (bland annat mört och björkna) var relativt små i samtliga områden. Under provfisket i Finbofjärden påträffades inga individer med sjukdomssymtom och skador.

Tabell 8. Förekomst av sjukdomar, skador och parasitering hos fisk i provfiske utförda i recipienten (Biotestsjön, närreferens (Forsmark) och fjärreferens (Finbofjärden) under 2019 med nät och ryssjor.

	Biotestsjön	Forsmark	Finbofjärden
Mekanisk oläkt skada	1		
Ryggradskrökning - Lordos	1	2	
Mopsskalle		1	
Tumör	1		
Prevalens (%)	0,03	0,04	

4.6 Bottenfauna

4.6.1 Mjukbottenfauna

Undersökningarna av mjukbottenfauna visade små variationer i artsammansättning och abundans mellan lokalerna utanför Forsmarks kärnkraftverk och i referensområdet Finbofjärden från föregående år (Adill m fl 2019). Abundansen av bottenfauna var generellt fortsatt lägre i Forsmark jämfört med referenslokalerna i Finbofjärden. Under 2019 års undersökningar påträffades mellan sju och elva arter av bottenfauna per lokal och tätheterna uppgick till mellan 1101 och 2490 individer per kvadratmeter på de fyra olika lokalerna (tabell 9).

Vid provtagningarna på medeldjupa stationerna i Forsmark var Östersjömussla (*Limecola balthica*) likt föregående år den dominerande arten, följt av Bukig tusensnäcka (*Ecrobia ventrosa*). Motsvarande stationer i Finbofjärden dominerades även de av Östersjömussla följt av den invasiva Nordamerikanska havsborstmasken (*Marrenzelleria sp.*). På djupare stationer i både Forsmark och i referensområdet var förekomsten av Nordamerikansk havsborstmask och Östersjömussla störst (tabell 9). Abundansen av Nordamerikansk havsborstmask på den djupa stationen i Forsmark var fortsatt hög likt 2018 års provtagningar.

Tabell 9. Antal av bottenfauna per kvadratmeter för grunda och djupa stationer i Forsmark och referensområdet Finbo.

Artnamn	Artnamn (latin)	Forsmark Medel- djup (antal/m ²)	Finbo Medel- djup (antal/m ²)	Forsmark Djup (antal/m ²)	Finbo Djup (antal/m ²)
Fjädermyggor	<i>Chironomidae</i>	2	-	30	-
Hoppkräfta	<i>Copepoda</i>	-	-	8	2
Slammärla	<i>Corophium volutator</i>	132	-	-	-
Bukig tusen- snäcka	<i>Ecrobia ventrosa</i>	336	104	-	-
Korvmask	<i>Halicryptus spinulosus</i>	-	32	-	27
Östersjö- mussla	<i>Limecola balthica</i>	915	1924	252	658
Amerikansk havsborst- mask	<i>Marenzelleria sp</i>	29	365	561	1692
Vitmärla	<i>Monoporeia affinis</i>	40	4	204	13
Sandmussla	<i>Mya arenaria</i>	-	4	-	-
Blåmussla	<i>Mytilus edulis</i>	-	2	-	-
(saknar svenskt namn)	<i>Neomysis intreger</i>	-	2	-	2
Fåborstmask	<i>Oligochaeta</i>	79	-	38	2
Nyazeeländsk tusensnäcka	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	7	34	-	-
Pungräkor	<i>Praunus sp</i>	-	2	-	-
Skorv	<i>Saduria entomon</i>	38	17	8	-
Totalantal/m ²		1578	2490	1101	2396
Artantal		9	11	7	7

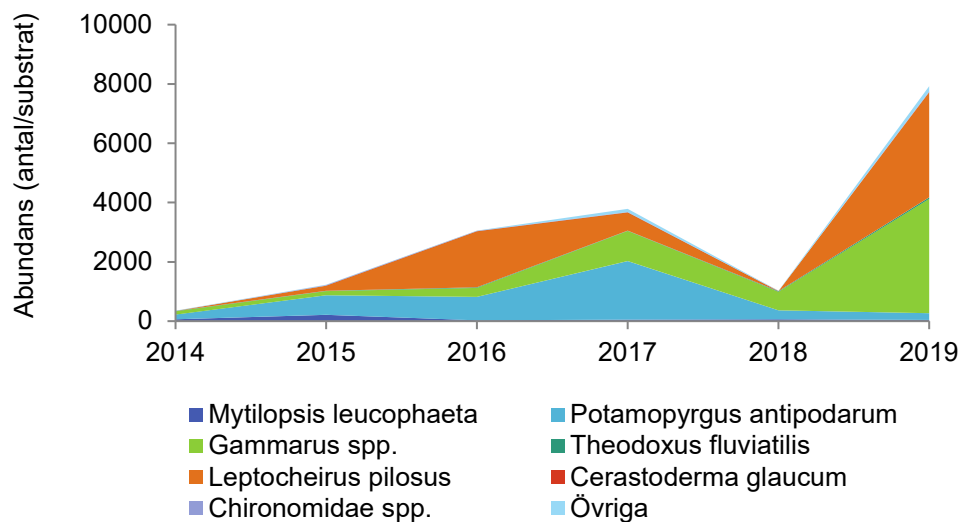
4.6.2 Hårdbottenfauna

Undersökningarna av hårdbottenfauna i Forsmarksområdet visade stora skillnader mellan stationerna när det gällde både artförekomster och vilka arter som förekommer i största tätheter. Under 2019 års undersökningar påträffades mellan 14 och 28 arter per lokal och tätheterna per Landforsplatta uppgick till mellan 54,3 och 7923,8 individer per kvadratmeter för de fyra olika lokalerna (tabell 10).

Den station som till störst grad påverkas av kylvattenutsläppet, Biotestsjön, visade fortsatt en högre abundans av bottenfauna och samtidigt relativt högt artantal. Det var endast stationen i Asphällafjärden som hade högre artantal jämfört med Biotestsjön (tabell 10). Vid 2019 års undersökningar var tätheterna av bottenfauna de högsta sedan starten för undersökningarna (figur 20). Tångmärla (*Gammarus sp.*)

registrerades i de högsta tätheterna sedan undersökningarna inleddes i Biotestsjön och var fortsatt den dominerande arten (figur 20). Under 2019 påträffades märkräftan *Leptocheirus pilosus* återigen i stora tätheter efter att det endast förekommit enstaka individer vid 2018 års undersökningar. Den introducerade Nyzeeländska tusensnäckan (*Potamopyrgus antipodarum*) återfanns i låga tätheter andra året i rad samtidigt som Bukig tusensnäckan (*Ecrobia ventrosa*) fanns i höga tätheter i Biotestsjön (tabell 10).

Under 2018 års undersökningar förlorades samtliga Landforsplattor i undersökningarna vid stationen Plymen i utsläppsområdet utanför Biotestsjön. Under 2019 återfanns fem av tio Landforsplattor vid undersökningarnas slut, resterande gick inte att återfinna. Av de analyserade plattorna var båtsnäckan (*Theodoxus fluviatilis*) och nyzeeländsk tusensnäckan de vanligaste arterna. I Asphällafjärden, området för kylvattenintaget till kraftverket, hade fortsatt det högsta artantalet av stationerna inom undersökningarna. Området dominerades av fjädermyggor (*Chironomidae*), nordlig hjärtmussla (*Cerastoderma glaucum*) samt den introducerade brackvattensmusslan (*Mytilopsis leucophaeta*). Den opåverkade referensstationen vid Borgarna visade lägre tätheter jämfört med de närmaste föregående åren. Omfattningen av antalet arter vid stationen var likt tidigare år och dominerades av båtsnäckan och fjädermyggor (*Chironomidae*). Den invasiva brackvattensmusslan *Mytilopsis*, som vid 2018 års provtagning hittades för första gången vid Borgarna, registrerades inte vid årets undersökningar. Förekomsterna av *Mytilopsis* i Biotestsjön och Asphällafjärden var i något lägre omfattning jämfört med 2018.



Figur 20. Antal av bottenfauna per Landforsplatta för Biotestsjön.

Tabell 10. Antal av bottenfauna per Landforsplatta för stationerna i Forsmarksområdet; Biotestsjön, utsläppsområdet för kylvatten utanför Biotestsjön kallat Plymen, området för kylvattenintag till kraftverket i Asphällafjärden samt Borgarna norr om Biotestsjön som aldrig påverkas av kylvatten.

Artnamn	Artnamn (latin)	Biotestsjön (ant/sub- strat)	Plymen (ant/sub- strat)	Asphällafjärden (ant/substrat)	Borgarna (ant/sub- strat)
Stor snytesnäcka	<i>Bithynia tentaculata</i>	1,4	-	2,2	-
Nordlig hjärtmussla	<i>Cerastoderma glaucum</i>	1,8	-	47,3	2,3
Fjädermyggor	<i>Chironomidae</i>	29,2	6,6	183,7	17,2
Bukig tusensnäcka	<i>Ecrobia ventrosa</i>	132,6	5,2	4,1	0,3
Tångmärsla	<i>Gammarus spp</i>	3863,3	6,6	8,9	2,2
Tånggråsugga	<i>Idotea chelipes</i>	0,11	0,4	12,0	0,1
Strandvatten-gråsugga	<i>Jaera albifrons</i>	0,4	2,6	15,1	0,2
Tångmärsla <i>Leptocheirus</i>	<i>Leptocheirus pilosus</i>	3547,9	6,2	78	0,1
Trekantig brackvattensmussla	<i>Mytilopsis leucophaeta</i>	42,3	3,6	29,1	-
Blåmussla	<i>Mytilus edulis</i>	-	-	1,5	-
Fåborstmask	<i>Oligochaeta</i>	0,9		1,8	
Nyazeeländsk tusensnäcka	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	220,4	16,2	7,9	0,3
Oval dammsnäcka	<i>Radix balthica</i>	-	0,4	5,9	3,5
Båtsnäcka	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	48,4	25,4	17,8	17,1
Totalantal/m ²		7923,8	80,4	457,6	54,3
Artantal		25	14	28	18

4.7 Fågelinventeringar

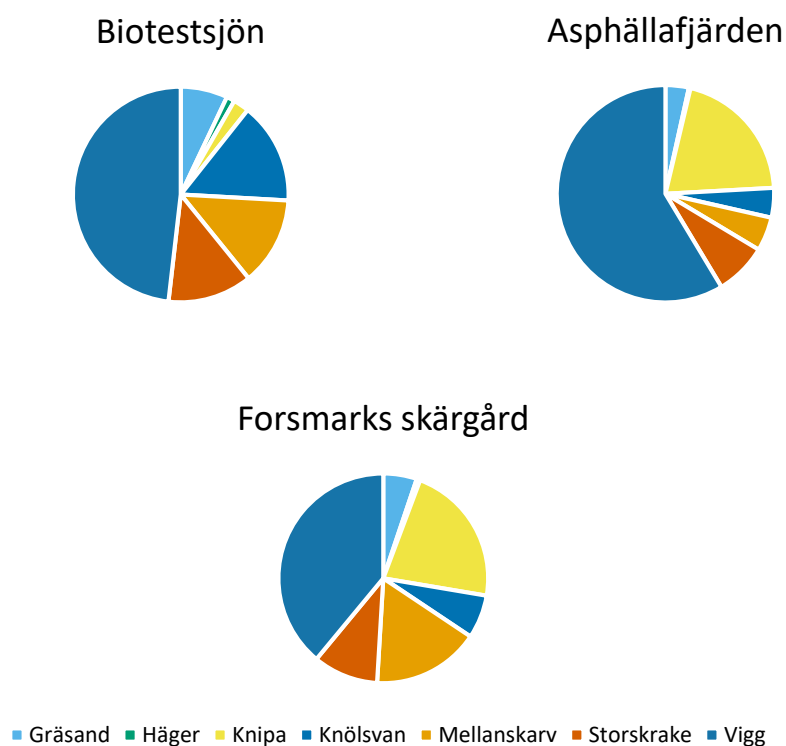
Under 2019 års fågelinventeringar i Forsmark gjordes totalt 32 177 observationer av de arter som ingår i kontrollprogrammet under totalt 22 tillfällen (tabell 11). De viktigaste lokalerna där mest fågel observerades var i Asphällafjärden (kylvattenintaget, område G) och Biotestsjön (område C; figur 5), där 10 918 respektive 9 796 individer observerades. Fågelförekomsterna i undersökningsområdet var lägre jämfört med närmast föregående år då drygt 40 000 fågelindivider per år observerades (Adill m fl 2019).

Den vanligaste arten i undersökningsområdet under 2019 var vigg, som till stor del uppehöll sig i Biotestsjön, Asphällafjärden samt i område sydost om Biotestsjön

(område F) (tabell 11). En art som förekommit i mindre omfattning i undersökningarna under 2019 är mellanskarv, som endast har 3 753 observationer jämfört med drygt 10 000 under 2018 (tabell 11) (Adill m fl 2018). Under 2019 genomfördes inga häckningar av mellanskarv i Biotestsjön.

Tabell 11. Sammanlagda fågelförekomster (22 tillfällen) för prioriterade arter inom fågelinventeringarna i områdena A–G i Forsmark under 2019.

	A	B	C	D	E	F	G	Totalt
Gräsand	17	74	690	58	184	260	379	1662
Häger	2	5	121	7	42	7	27	211
Knipa	525	79	234	235	862	813	2228	4976
Knölsvan	78	69	1491	151	132	340	482	2743
Mellanskarv	446	27	1301	890	26	511	552	3753
Storskrake	203	58	1240	189	237	466	850	3243
Vigg	483	1130	4719	290	403	2164	6400	15589
Totalt	1754	1442	9796	1820	1886	4561	10918	32177



Figur 21. Relativ fördelning av de studerade fågelarterna i Biotestsjön (område C), Asphällafjärden (område G) och i Forsmarks skärgård (område A-B och D-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 ut i närrecipienten Biotestsjön och treans kanal, som får en temperaturhöjning med cirka 7-9°C. Kylvattenhanteringen har en direkt påverkan för 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).

Under 2019 års undersökningar i silstationerna visade resultaten att fiskförlusterna var mycket omfattande, de största sedan kontrollerna inleddes i början av 1990-talet. Den klart vanligaste arten i provtagningarna var storspigg, som förekom i enorma mängder både under våren och på hösten. De stora omfattningarna av storspigg i silstationerna speglar artens generella beståndsutveckling i Bottenhavet och längs Sveriges östra kust. Vid andra undersökningar som genomförts i Bottenhavet, till exempel Baltic International Acoustic Survey, har det ökade beståndet av storspigg följts under flera år och utvecklingen liknar trenderna i förlusterna i silstationen (Adill m fl 2018). Storleksfördelningarna för storspigg inom provtagningarna i recipientkontrollprogrammet visar dessutom rekryteringscykeln i Forsmarksområdet, proverna under våren utgjordes främst av lekmogna individer och av deras avkommor under höstperioden. Enligt uppgifter från FKA:s egen personal var omfattningarna av spiggförlusterna under våren ännu större strax efter perioden för provtagningsperioden men att de minskade igen i slutet av juni. De samlade resultaten från undersökningarna tyder på att mängderna av storspigg kommer under kommande år fortsätta att vara mycket omfattande.

Förlusterna av ål i kylvattenintagen var likt närmast föregående år relativt små. De ålar som fastnar i silstationerna utgörs till största del av lekvandringssmagna blankålar och de allra flesta kommer in till kylvattenintaget under hösten. Förlusterna av blankål i silstationerna har sannolikt en koppling till ålens biologi och lekvandringarbete. Under höstarna påbörjar blankålar sina vandringar mot lekplatserna i Sargassohavet och följer strömmarna söderut mot Egentliga Östersjön. När de kommer i kontakt med kylvattenflödena i Öregrundsgrepen lockas de sannolikt in mot kylvattenkanalen och sedan in i kylvattenintaget. Trots att förekomsterna av ål är relativt små jämfört med omfattningarna under 2000-talet, är det av stor betydelse att minska dess dödlighet i kylvattenintaget då arten är rödlistad.

Under höstperioden var förekomsterna av varmvattenarter ovanligt stora i undersökningarna vid kylvattenintaget. Arterna sutare, id och sarv noterades bland annat för de största förlusterna sedan provtagningarna inleddes i början av 1990-talet. Det noterades även stora mängder av flodnejonöga, kusttobis och mindre havsnål jämfört med tidigare år. Det finns dock inget som visar på att dessa arter har en generell ökning i förekomst i Forsmark eller i närliggande kustområden. Två av dessa arter, id och flodnejonöga, ingår däremot i särskilda åtgärdsprogram med syfte att skydda arterna och stärka populationer.

Tätheterna av fisk i Biotestsjön under 2019 var likt tidigare år höga, särskilt under vårperioden. De stora förekomsterna av mört, abborre och björkna under våren visar att Biotestsjöns varma vatten attraherar varmvattenarterna och att stora mängder fisk fortplantar sig i området. De höga tätheterna av årsyngel av mört i augusti visade också tydliga tecken för att rekryteringen av arten fungerade bra under 2019. Men trots att lekaktiviteten var nästintill lika omfattande för abborre var förekomsten av årsyngel i augusti mycket små. En förklaring till dessa resultat kan kopplas till abborrens snabba tillväxt under första året och att årsynglen uppnått en storlek vid tidpunkten för yngelundersökningarna som gör dem mindre fångstbara. Under nätprovfiskena i oktober var nämligen fångsterna av unga individer av abborre stora och en stor andel utgjordes av årsyngel. Likt föregående år var tillväxten hos unga abborrar stor i Biotestsjön och konditionen god, tydliga tecken om att förhållandena i Biotestsjön var goda för unga individer 2019. De samlade resultaten för årsyngel för abborre tyder på att nätprovfiskena under oktober ger ett bättre mått på rekryteringsframgången jämfört med yngelundersökningarna i augusti. Huruvida detta stämmer bör utredas under kommande femårsrapportering.

Att levnadsförhållandena är gynnsamma för varmvattenarterna i Biotestsjön stöds av konditionsmåtten för mört i Biotestsjön som uppvisar generellt högre konditionsvärde jämfört med mörtar 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 nätprovfisket i Forsmarks skärgård under augusti månad fångades de särklass största mängderna fisk sedan undersökningarna inleddes 2002. Det var första gången i tidsserien som det fångades mer fisk i Forsmark jämfört med referensområdet i Finbofjärden. Den art som bidrog mest till de stora mängderna fisk var fångsterna av mört, särskilt av små och unga individer. Utvecklingen för mört i Forsmarks skärgård har under flera år uppvisat en negativ trend, och under 2018 fångades väldigt få individer. De stora fångsterna av mört under 2019 skulle kunna vara ett tecken på att de senaste årens gynnsamma förhållanden med varma vårar och somrar bidragit till att rekryteringen av mört har varit extra bra i Forsmarksområdet. De plötsligt stora mängderna mört i Forsmarksområdet skulle även kunna vara ett tecken på en ökad utvandring av att unga individer mört från Biotestsjön och att de sprider sig till omgivande kustområden i Forsmarks skärgård.

De höga tätheterna av bottenfauna i Biotestsjön under 2019 kan vara ett resultat av föregående års kraftiga nedgång av märkräftan *Leptocheirus* och nyzeeländsk tusensnäcka. Minskad konkurrens från *Leptocheirus* samt ökad tillgång på föda i och med den varma sommaren 2018, kan ha påverkat arten tångmärla positivt som ökat kraftigt i antal. Eftersom tångmärla inte har en begränsad parningssäsong kan de gynnsamma förhållandena i Biotestsjön möjliggöra reproduktion året om och ytterligare påverka artens kraftiga ökning i abundans. De gynnsamma förhållandena i Biotestsjön kan sannolikt även ha orsakat *Leptocheirus* hastiga återhämtning från 2018 års låga tätheter. Den minskade konkurrensen från nyzeeländsk tusensnäcka och ökad tillgång på föda skulle även kunna vara orsaken till det stora antalet bukig tusensnäcka i området under 2019. Kombinationen av ökande tätheter av de tre arterna tångmärla, *Leptocheirus* och bukig tusensnäcka kan förklara den höga abundansen av bottenfauna i Biotestsjön under 2019. 2018 registrerades juvenila individer av brackvattenmusslan *Mytilopsis* för första gången vid den opåverkade lokalen Borgarna (Adill m fl 2019). Frågan var då om arten skulle överleva vintern och kunna etablera sig vid Borgarna. Vid undersökningarna 2019 återfanns inga individer av *Mytilopsis* vid Borgarna, och detta skulle kunna vara ett tecken på att etableringen misslyckades och arten inte klarade vinterförhållandena i området. Tätheterna av *Mytilopsis* i Biotestsjön och Asphällafjärden var dessutom lägre under 2019 jämfört med 2018, så möjligen har förhållandena varit något sämre det senaste året vilket missgynnat arten.

Biotestsjön och Asphällafjärden utgör viktiga lokaler för sjöfågel året om med ett högt antal individer per inventeringstillfälle. Områden med isfritt vatten året om är en effekt av kärnkraftverkets drift och bidrar till att tätheterna av fågel är stora. Isfria områden i Forsmarks skärgård skapar förutsättningar för fågel att söka föda samt att kunna övervintra i området. Det finns dock en stor skillnad i artsammansättningen mellan områdena och olika arter föredrar vissa områden bättre. Biotestsjön har dock högst tätheter av fågel per ytenhet och är det enskilt viktigaste området

för arterna inom undersökningarna. Mellanskarven, som under de senaste åren har förekommit i stor omfattning i undersökningarna och genomfört häckningar inne i Biotestsjön, har under de två senaste åren blivit mindre vanlig. Trots den minskade förekomsten inom fågelinventeringarna är de inte helt frånvarande i området, stora ansamlingar och aktivitet från mellanskarven har observerats på ön Länsman i utsläppsområdet från Biotestsjön.

Referenslista

- 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
- Andersson, J. (2015). Provfiske med kustöversiktsnät, nätlänkar och ryssjor på kustnära grunt vatten <https://www.havochvatten.se/hav/vagledning--lagar/vagledning/miljoovervakningens-metoder-och-undersokningstyper-inom-programomrade-kust-och-hav.html>
- Ehlin, U., Lindahl S., Neuman E., Sandström O. & J. Svensson, 2009. Miljöeffekter av stora kylvattenutsläpp. Erfarenheter från de svenska kärnkraftverken. Elforsk rapport 09:79.
- Karlsson, M. (2015). Provfiske i Östersjöns kustområden – Djupstratifierat provfiske med Nordiska kustöversiktsnät. <https://www.havochvatten.se/hav/vagledning--lagar/vagledning/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.
- 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. Punkt–linjekartering.
- Olsson, J., E. Jakubavičiūtė, O. Kaljuste, N. Larsson, U. Bergström, M. Casini, M. Cardinale, J. Hjelm, P. Byström. The first large-scale assessment of three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) biomass and spatial distribution in the Baltic Sea, *ICES Journal of Marine Science*, Volume 76, Issue 6, November-December 2019, Pages 1653–1665.
- 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.
- Svärdson, G. (1961). Ingen effekt av sikodlingen i Kalmarsund. Svensk Fiskeri Tidskrift. 70:23–26.
- Thoresson, G. 1992. Handbok för kustundersökningar, Recipientkontroll.
<http://www.slu.se/Documents/externwebben/akvatiskaresurser/publikationer/FIV/KLAB/PM029-%20handbok%20recip.pdf>
- Thoresson, G. 1996. Guidelines for coastal fish monitoring.
<http://www.slu.se/Documents/externwebben/akvatiskaresurser/publikationer/FIV/KLAB/PM087-eng%20hand%201996-2.pdf>

