



Aqua reports 2012:7

# **Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk**

Årsrapport för 2011

Anders Adill, Fredrik Landfors, Kerstin Mo, Alf Sevastik



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

## Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk. Årsrapport för 2011.

Anders Adill, Fredrik Landfors, Kerstin Mo & Alf Sevastik

mars 2012

SLU, Institutionen för akvatiska resurser

Aqua reports 2012:7

ISBN:978-91-576-9076-0 (elektronisk version)

Vid citering uppge:

Adill, A., Landfors, F., Mo, K. och Sevastik, S. (2012). Biologisk recipientkontroll vid Forsmarks kärnkraftverk. Årsrapport för 2011. Aqua reports 2012:7. Sveriges lantbruksuniversitet, Öregrund. 43 s.

Rapporten kan laddas ned från

<http://www.slu.se/sv/bibliotek>

Adress

SLU, Institutionen för akvatiska resurser, Kustlaboratoriet,  
Skolgatan 6, 742 42 Öregrund

E-post

[Anders.Adill@slu.se](mailto:Anders.Adill@slu.se)

Rapportens innehåll har granskats av:

Lena Bergström

Magnus Appelberg

Omslagsfoto: Yvette Heimbrandt (framsida), Anders Adill (baksida)

## Sammanfattning

I rapporten beskrivs resultaten av undersökningarna inom baskontroll- och effekt-höjningsprogrammet under 2011 mot bakgrund av tidigare års resultat. Förlusterna i Forsmarks silstationer dominerades likt tidigare år av storspigg, störst förekomster var under hösten och bestod till stor del av årsyngel. Förlusterna av strömming i silstationerna visade på höga nivåer under hösten och den låga medelvikten kan tyda på stor rekryteringsframgång för arten i Forsmarksområdet.

Resultaten från nätprovfiskena i Biotestsjön visade på höga tätheter både under våren och hösten av främst abborre och mört. Fångsterna av gädda var mycket låga och arten saknades nästan helt i provtagningarna. Resultaten visar på en tydlig anlockning av lekande abborre och mört till Biotestsjön under våren. Trots den stora lekbiomassan i Biotestsjön under våren var fångsterna av årsyngel av abborre dock låga, däremot var förekomsten av mörtynghög högre än på många år.

Utvecklingen i ryssjeprovfiskena visade att mängden ål i Biotestsjön har minskat sedan gallren avlägsnades 2004. Storleken på ålarna i fångsterna har förändrats sedan 1990-talet och har blivit större. I silstationerna var förlusterna av ål mer omfattande än tidigare år och medelvikten tyder på att majoriteten av ålarna i proverna var så kallade blankålar. Resultaten tyder på att de 500 000 glasålarna som sattes ut 1989 fortfarande förekommer inom kontrollprogrammets provtagningar och fastnar i silstationerna som vuxna individer.

Under ryssje- och nätfisket på våren fångades nors i Biotestsjön för första gången sedan öppnandet av gallren. Detta tyder på att arten lockas in till anläggningens uppvärmda vatten och kan vara ett tecken på lekaktivitet. Risken är dock stor att den slutliga reproduktionsframgången för nors i Biotestsjön skulle vara svag, eftersom de nykläckta larverna kommer sköljas ut ur anläggningen och utsättas för en dödlig temperatursänkning. Det är möjligt att även strömming, som har liknande lekmönster som nors, kan anlockas till Biotestsjön under våarna.

Vid yngelundersökningarna i Forsmarks innerskärgård fångades stora mängder årsyngel av abborre, speciellt i jämförelse med de mycket svaga förekomsterna av abborre som noterats i provtagningarna under tidigare år. Abborrynglen var dock ovanligt stora och det är möjligt att majoriteten av individerna härstammar från Biotestsjön.

Fångsterna i nätprovfiskena i Biotestsjön under hösten var de högsta som noterats sedan 1990 och trenden visar tydligt att tätheterna av fisk har ökat i området sedan borttagandet av gallren 2004. Resultaten från individundersökningarna visade att mörtarna i Biotestsjön hade sämre kondition (angivet som Fultons index) än individer från referensområdet, vilket kan vara ett tecken på födobrist för mörten inne i anläggningen.

Vid den station som tidvis berörs av kylvattenplymen (Länsman) har tätheter och biomassor av bottenlevande djur inte varit så låga som vid provtagningen 2011 sedan i början av 1980-talet, när provtagningarna inleddes, medan artantalen inte skilde sig från de senaste årens. I referensområdet har biomassorna på stationer inom motsvarande djupintervall och likartad sedimentstruktur minskat under de senaste sju åren. Den djupare stationen i Forsmark, som inte berörs av kylvattenplymen, och motsvarande i referensområdet uppvisade likartade utvecklingar av bottenlevande djur.

Fågelundersökningarna visade att Biotestsjön och närliggande områden är viktiga rast- och övervintringsområden för sjöfågel. Flest observationer av de prioriterade arterna inom kontrollprogrammet återfanns i Biotestsjön samt i utsläpps- och intagsområdet till kraftverket.

## Summary

This report describes surveys conducted in 2011 within the biological surveillance program of the Forsmark nuclear power plant, aiming to monitor the effects of cooling water intake and discharge on fish, zoobenthos, and sea birds. In addition to the regular surveillance program, a set of supplementary studies were conducted in order to provide more refined baseline data before a planned increase in cooling water usage. Primary results of the studies are given in relation to previous years' results.

Losses at the cooling water intake were dominated by stickleback (*Gasterosteus aculeatus*), as in previous years. The greatest abundances occurred in the fall and main part of the sticklebacks was young individuals. Losses of herring (*Clupea harengus membrans*) were high in the autumn in comparison to previous years. Their low average weights indicated a predominance of young individuals, and hence, a strong recruitment of herring in the Forsmark area in 2011. Losses of eel (*Anguilla anguilla*) were higher than in previous years. Their mean weights indicated that the majority of the trapped individuals were silver eels.

The results of gill net surveys in the Biotest basin showed high catches both in the spring and autumn, dominated by perch (*Perca fluviatilis*) and roach (*Rutilus rutilus*). Catches of northern pike (*Esox lucius*) were low, and the species was nearly absent. The results indicated that spawning perch and roach are attracted to the Biotest basin during spring, probably due to the elevated temperature. Despite the large number of potentially spawning individuals, catches of young-of-the-year perch in late summer were low. However, the incidence of young roach was higher than in many previous years.

Surveys with fyke nets showed that the abundance of eel in the Biotest basin has decreased since 2004, when fish migrations in and out of the basin were made possible by removing the grating that was previously positioned at its opening to the sea.

The size of the eels in the catches has increased since the 1990's. A large number of eels, 500000, were restocked into the Biotest basin in 1989. The results suggest that the restocked eels are still present in the area. They are probably also a large part of the eels that are trapped in the cooling water intake.

Smelt (*Osmerus eperlanus*) was observed for the first time since 2004 during the surveys with fyke nets and gill nets in the spring. The species may be attracted to the area of elevated water temperatures for spawning. However, its reproductive success in the Biotest basin is expected to be low, due to the strong temperature difference between water in the Biotest basin and the sea outside, which would probably have detrimental effects on the survival of larvae when they are washed out into the sea after hatching. It is possible that herring, which has a similar spawning habit as smelt, is also attracted to the Biotest basin in spring.

During the surveys of fish larvae in the Forsmark archipelago, relatively high abundances of young-of-the-year perch were observed, in comparison to the very low abundances observed in previous years. The perches were larger than expected for the time of year, indicating that some of the individuals may originate from the Biotest basin, where growth rates are faster due to the elevated temperature.

Overall, gill net catches in the Biotest basin during fall were the highest recorded since 1990. The trend over time shows that catches of fish have increased in the Biotest basin since 2004. The condition index of roaches from the Biotest basin was, however, poorer than for individuals from the reference area. This could indicate food deficiency for roach inside the basin, and potentially also for other benthivorous fish species.

After increasing abundance and biomass of benthic macrofauna in the 1980's and 1990's, biomasses remained high until 2010 at the station temporarily affected by

cooling water (Länsman). Similar changes also appeared at stations with corresponding depth and sediments in the reference area, but differed during the seven last years with decreasing biomasses. Sampling 2011 however showed extremely low abundance and biomass in the Forsmark area (Länsman), whereas number of species were quite similar to recent years. The deeper station in the Forsmark area (Engelska Grundet), which not is affected directly by cooling water and corresponding station in the reference area showed similar developments in benthic macrofauna.

The bird surveys showed that the Biotest basin and its adjacent areas are important resting and overwintering sites for birds. Most birds were observed in the actual Biotest basin and in adjacent areas in the outlet.

## Innehåll

1 Inledning .....	1
1.1 Rapportens innehåll .....	1
1.2 Bakgrund .....	1
2 Kraftverkets drift .....	5
3 Kontrollprogrammets genomförande under 2011 .....	7
3.1 Biotestsjön .....	7
3.2 Öregrundsgrepen och Finbofjärden .....	9
3.3 Effekthöjningsprogrammets genomförande .....	11
4 Resultat .....	15
4.1 Förluster av fisk i silstationer .....	15
4.2 Biotestsjön .....	17
4.3 Öregrundsgrepen och Finbofjärden .....	23
4.4 Bottenfauna .....	26
4.5 Fågelinventeringar .....	28
4.6 Effekthöjningsprogrammet .....	31
5 Diskussion .....	37
6 Referenser .....	43



# **1 Inledning**

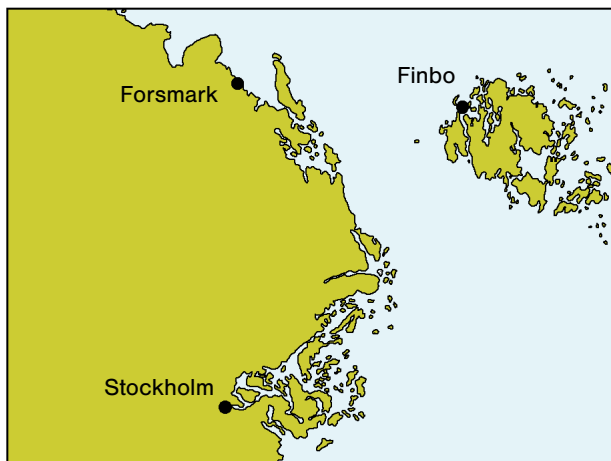
## **1.1 Rapportens innehåll**

Denna rapport ger en översiktlig redovisning av den biologiska kontrollverksamheten i vattenrecipienten utanför Forsmarks kraftstation till och med 2011. Undersökningarna i området har pågått sedan 1969 och har under årens lopp främst fokuserat på dödlighet av fisk vid kylvattenintaget, effekter på fisk och bottenfauna i närrecipienten (Biotestsjön) och fjärrecipienten (Öregrundsgrepen). Resultaten av undersökningarna jämförs med referensområdet vid Finbofjärden i nordvästra Åland och presenteras i årliga rapporter. Fördjupade utvärderingar görs vart femte år (Sandström, 1985; Sandström, 1990; Sandström m fl, 2002; Karås m fl, 2009) och kan leda till förändringar i baskontrollen.

Enligt Miljödomstolens dom på FKA:s begäran att höja effekten vid Forsmarks kärnkraftverk har ett särskilt kontrollprogram upprättats från 2009 för att kontrollera påverkan på havsmiljön av det ökade kylvattenflödet och höjda utsläppstemperaturerna. Detta kontrollprogram omfattar studier före respektive efter effekthöjningen. I denna rapport återges även verksamheten inom kontrollprogrammet för effekthöjningen under 2011.

## **1.2 Bakgrund**

Forsmarks kärnkraftverk, som är beläget vid kusten i nordöstra Uppland (figur 1 och 2), startade energiproduktionen när det första aggregatet togs i drift 1980. Verksamheten utökades därefter 1982 med ett andra aggregat och slutligen 1985 med ett tredje. För kylning av processen i kondensatorerna kräver driften av kraftverkets tre reaktorer närmare 140 kubikmeter brackvatten per sekund. Kylvattnet tas in till kraftverket via en kanal från Asphällafjärden. I processen sker en cirka tiogradig temperaturhöjning av vattnet. Det uppvärmda vattnet pumpas gemensamt för aggregat ett och två via ett tunnelsystem ut till Biotestsjön och för aggregat tre till en närliggande öppen kanal. Biotestsjön är en invallad cirka 90 hektar stor anläggning som byggts



Figur 1. Översiktskarta.



Figur 2. Området kring Forsmark med stationer för bottenfauna. Provfiskestationer redovisas i separat figur.

för forskning och uppföljning av kylvattnets effekter på miljön och är det område som är mest påverkat av temperaturhöjningen. Efter transport genom Biotestsjön och det tredje aggregatets kylvattenkanal släpps kylvattnets slutligen ut vid en gemensam punkt till Öregrundsgrepen.

Sedan Forsmarks Kraftgrupp AB (FKA) beviljades att höja effekten i samtliga tre anläggningar i Forsmark har förberedelsearbetena för detta inletts på kraftverket. Arbetet med effekthöjningen planeras pågå successivt och i dagsläget finns inget definitivt slutdatum för när effekthöjningen ska vara genomförd. Effekterna av det ökade energiuttaget i kärnkraftverket förväntas påverka den fysiska vattenmiljön och dess organismer främst genom ökat kylvattenflöde genom kraftverket och höjda vattentemperaturer i närrecipienten. När effekthöjningen är slutförd beräknas kylvattenflödet ökat med 28 kubikmeter per sekund för samtliga tre anläggningar och utsläppstemperaturen i Biotestsjön förväntas ha höjts från 10,3 °C till 11,0 °C.

Med anledning av FKA:s begäran om att ta bort fiskgallren vid Biotestsjöns utlopp gjordes 2002 en utredning av Fiskeriverket om möjligheterna att göra detta sett ur forskningens perspektiv. Detta ansågs möjligt förutsatt att en dokumentation av förhållandena innan öppnandet utfördes. Studierna genomfördes under 2003 och berörde framförallt fisksamhällets status, men även bottenfauna, genetik och fisksjukdomar. Under 2004 reviderades kontrollprogrammet för att följa förändringarna hos fisk- och bottenfaunabestånden i recipientområdet efter avlägsnandet av gallret och detta program drevs fram till 2007. En stor del av undersökningarna under denna period fokuserades kring fiskars säsongsmässiga vandringar till kylvattenplymen och kontroll av om fisken anlockades in till Biotestsjön. Utökade studier av bottenlevande djur och fiskyngel kom också att ingå i programmet. Resultaten samt diskussioner kring detta återfinns i Karås m fl (2009).

Den nu aktuella utformningen av kontrollprogrammet finns beskriven i metodik-avsnittet. I undersökningarna studeras hur omgivande fisk-, bottenfauna- och fågel-samhällena påverkas av kärnkraftverkens kylvattenutsläpp. För genomförande av

det biologiska programmet inom recipientkontrollen ansvarar från och med 2011-07-01 Kustlaboratoriet vid Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), efter avvecklingen av Fiskeriverket, som tidigare var ansvariga utförare. Institutionen utför även insamlandet av material för det radiologiska programmet inom kontrollverksamheten. För fågelinventeringarna ansvarar Alf Sevastik, Kustbild.

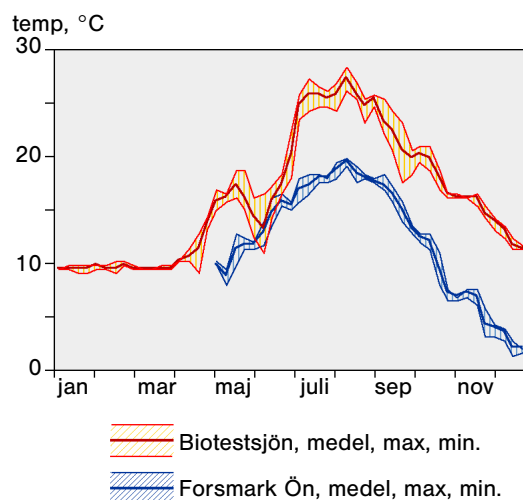
## 2 Kraftverkets drift

Under 2011 har Forsmarksverket haft längre avbrott i produktionen i samband med de årliga revisionsavställningarna, Forsmark 1 (F1) 10 april–22 juni, Forsmark 2 (F2) 14 augusti–3 september, Forsmark 3 (F3) 4 september–17. Med undantag av revisionsperioderna har produktionen fungerat som planerat.

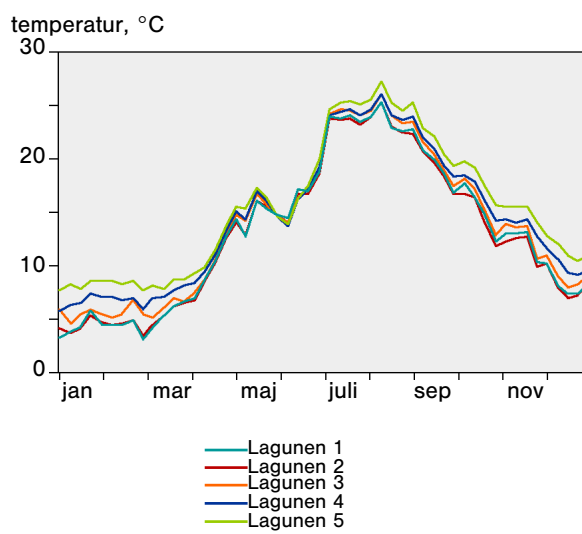
Temperaturen i Biotestsjön har under 2011 varierat från drygt 9 °C i början av året till över 29 °C i slutet av juli (figur 3). Under året har temperaturer över 25 °C förekommit under 52 dygn (maximitemp. 29,1 °C), vilket kan jämföras med 3 dygn under 2010 och 22 dygn under 2009. Under våren (vecka 20–23) var det en tydlig temperatursänkning i Biotestsjön, som sannolikt orsakades av revisionsarbetet i F1 (figur 3). I Forsmarks innerskärgård uppmättes de högsta temperaturerna under året i början av augusti med ett maximivärde på 20,2 °C (figur 3).

Temperaturmätningar i området lagunen i Biotestsjön visar att det var lägst temperatur i de innersta delarna av lagunen och varmare i positioner längre ut (figur 4). Den minsta temperaturskillnaden mellan stationerna under 2011 var under våren och sammanföll med revisionsavställningarna på F1 (figur 4).

Figur 3. Temperaturer i Biotestsjön (BT) och Forsmarks innerskärgård (Ön) under 2011. Den heldragna linjerna visar veckomedelvärden och de streckade ytorna minimi- och maximivärden.



Figur 4. Temperaturer vid fem punkter i en gradient från innersta delen av lagunen och utåt.



### **3 Kontrollprogrammets genomförande under 2011**

En utförlig beskrivning av kontrollprogrammets metodik ges i Thoresson (1992), Thoresson (1996) och Söderberg (2009). Vid avvikelser beskrivs detta nedan.

#### **3.1 Biotestsjön**

##### **3.1.1 Provfiske**

Provfiske med kustöversiktsnät har genomförts en natt varannan vecka under 1 mars–15 juni samt vid tre tillfällen under perioden 20 oktober–1 november. Vid varje tillfälle fiskades fem stationer med två nät (figur 5). Fiske med ryssjor genomfördes under fyra veckor i april. Vid varje fiskeperiod fiskades sex stationer med tre parryssjor länkade med varandra (figur 5). Redskapen sattes i sjön vid början av perioden och vittjades en gång per vecka. All fångst artbestämdes och längdmättes. Fisket har följt fastslaget kontrollprogram.

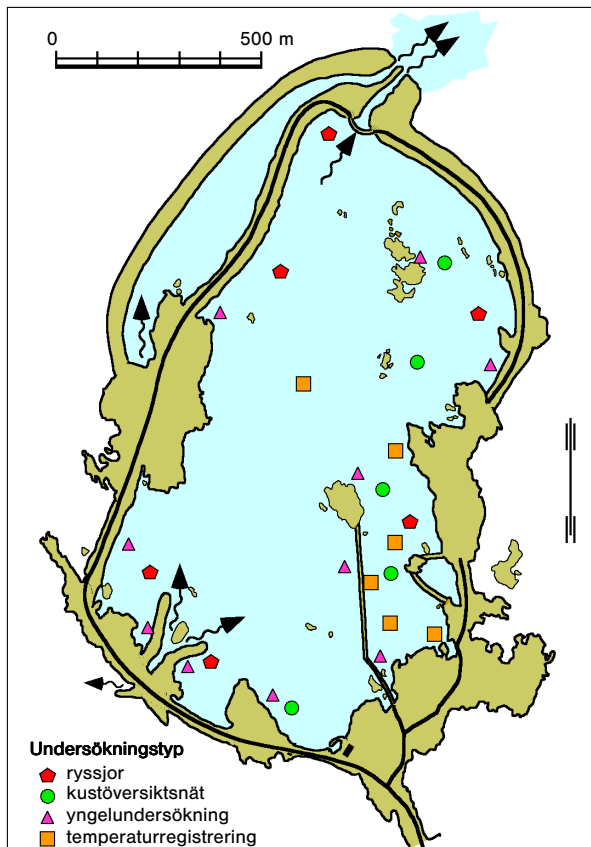
##### **3.1.2 Yngel och småväxta arter**

Yngel och småväxta arter insamlades med sprängteknik på tio fasta stationer vid tre tillfällen i augusti (figur 5). Provtagningen har följt fastslaget kontrollprogram.

##### **3.1.3 Ålder och tillväxt hos fisk samt kontroll av gonader**

Vid nätprovfiskena under perioden 20 oktober–1 november insamlades abborre och mört för kontroll av kondition och gonadstatus. För abborre insamlades även åldersprover. Vid kontroll av konditionsstatus beräknades Fultons index enligt formeln:  $K = w \times L^{-3} \times 100$ , där  $w$  är vikten i gram och  $L$  är längden i centimeter. Ett värde över 1,0 anses motsvara god kondition hos fisken. Provtagningen har följt fastslaget kontrollprogram.

Insamling av abborre och mört från Forsmarks skärgård för referensprov har genomförts enligt samma metodik som ovan.



Figur 5. Provtagningslokaler i Biotestsjön.



Figur 6. Provtagningslokaler i Forsmarksområdet.



### 3.1.4 Fisksjukdomar och parasiter

Vid alla provfisken okulärbesiktigades samtliga fiskar för kontroll av sjukdomar och parasiter enligt fastslaget kontrollprogram.

### 3.1.5 Omgivningsdata

Temperaturen registreras kontinuerligt med dataloggers i en position i mitten av Biotestsjön samt i fem punkter i en gradient från innersta delen av lagunen till dess yttre del (figur 5). Provtagningen har följt fastslaget program.

## 3.2 Öregrundsgrepen och Finbofjärden

### 3.2.1 Fiskförluster i silstationen

Kontroll av fiskförluster i silstationen vid block 1 och 2 genomfördes under veckorna 17–24 på våren och 37–48 på hösten. All fisk insamlades under ett helt dygn varje vecka och resultaten räknades upp för att motsvara de totala förlusterna under hela provtagningsperioden, inklusive en uppskattning för silstationen vid block 3. Provtagningen har följt fastslaget kontrollprogram.

### 3.2.2 Provfiske

Provfiske genomfördes i augusti med Nordiska kustöversiktsnät under fyra nätter på 45 stationer enligt standardförfarandet (figur 6) (Söderberg, 2009). I referensområdet vid Finbo genomfördes fisket med samma metodik. Provtagningen har följt fastslaget kontrollprogram.

### 3.2.3 Kontroll av yngel och småfisk

Yngel och småfisk insamlades med sprängteknik under tre dagar i september i Forsmarks innerskärgård. Vid varje provtagningsstillfälle fiskades tio fasta stationer (figur 6). Provtagningen har följt fastslaget kontrollprogram.

### 3.2.4 Ålder och tillväxt hos abborre

Under augustifiskena vid Forsmark och Finbo insamlades abborre för ålders- och tillväxtanalys. Provtagningen har följt fastslaget kontrollprogram.

### 3.2.5 Fisksjukdomar och parasiter

All fisk i samtliga provfisken okulärbesiktigades för kontroll av sjukdomar och parasiter. Provtagningen har följt fastslaget kontrollprogram.

### 3.2.6 Omgivningsdata

Temperaturer registreras kontinuerligt under den isfria perioden med datalogger vid Ön, belägen i Forsmarks innerskärgård (figur 6). Provtagningarna har följt fastslaget kontrollprogram.

### 3.2.7 Abundans och biomassa hos makroskopisk bottenfauna

Bottenfaunaprover insamlades i Öregrundsgrepen med van Veen-hämtare den 5 maj från stationerna FM 119 vid Länsman (16 m djup) och FM 121 vid Engelska Grundet (41 m djup) (figur 2). Referensprovtagning utfördes i Finbofjärden den 3–4 maj på fyra stationer. I Öregrundsgrepen insamlades fem hugg per station och i Finbofjärden tre hugg per station. Insamlingar och bearbetningar utfördes enligt fastslaget kontrollprogram. Vid provtagningarna användes dock en van Veen-hämtare med betydligt lägre vikt än den ordinarie (26 kg istället för 44 kg), på grund av att den båt som ursprungligen var planerad för provtagningen brann upp och den tillgängliga ersättaren inte kunde hantera den ordinarie huggarens vikt.

### 3.2.8 Fågelinventering

Inventering av sjöfågel har utförts varannan vecka under hela året enligt punkt-taxeringsmetoden där vissa arter har räknats under en bestämd tid från olika observationsplatser (Naturvårdsverket, 1978). Inventeringsområdet har indelats i sju zoner (A–G) (figur 34). De arter som studerats har delats in i olika funktionella grupper beroende på födoval. Dessa har varit växtätare (gräsand och knölsvan), bottendjursätare (knipa och vigg), samt fiskätare (storskrake, mellanskarv och häger). Provtagningen har följt fastslaget kontrollprogram.

Under de senaste åren har det debatterats bland ornitologer och annan fågelexpertis om storskarvens ursprung och taxonomi. Numera är det allmänt accepterat att stor-

skarven som förekommer i Sverige består av två underarter, storskarv (*Phalacrocorax carbo carbo*) och mellanskarv (*Phalacrocorax carbo sinensis*). Den fågel som till allra största del häckar i Sverige, både utmed kusten och i inlandet, är *P. c. sinensis* som kallas mellanskarv. Den andra sorten, *P. c. carbo*, har sina häckningsplatser i Norge och nordvästra Ryssland och förekommer i Sverige endast under vintersäsongen och i mindre omfattning. I dessa rapporteringar kommer skarven i fortsättningen att benämnas mellanskarv.

### 3.3 Effekthöjningsprogrammets genomförande

#### 3.3.1 Effekter av ökat flöde

##### Fiskrekrytering – Asphällafjärden

Yngel och småfisk insamlades med sprängteknik under en dag i september i Asphällafjärden utanför intagskanalen till kraftverket. Provtagningsmetodiken följde den standard som används i baskontrollen. Vid provtagningsstillfället fiskades 20 stationer.

Temperaturförhållandena i området följdes med fyra stycken temperaturmätare utplacerade i presumtiva rekryteringsområden i Asphällafjärden. Data jämförs med motsvarande mätningar från opåverkade områden vid Ön och Nätlösan. Provtagningarna har följt fastslaget kontrollprogram.

##### Silstationer

Kontroller av fiskförluster i silstationen vid block 1 och 2 genomfördes enligt standardmetodiken under ett dygn varje vecka utöver de perioder som ingår i baskontrollprogrammet. På det viset erhöles sammanlagda data för hela året, genom att kombinera resultaten från baskontrollprogrammet och effekthöjningsprogrammet. Utöver den ordinarie räkningen ska enligt effekthöjningsprogrammet yngel av abborre, gädda, gös, sik och strömming längdmätas. Ingen mätning av fiskarterna kunde dock genomföras under 2011 på grund av att fisken mals sönder så mycket av provtagningspumpen att den inte går att mäta. Provtagningarna har inte följt fastslaget kontrollprogram.

### 3.3.2 Effekter av ökad temperatur

#### Ålder och tillväxt hos abborre

Utöver de hundra individerna av abborre (honor) som samlas in i baskontrollprogrammet för analys av ålder, tillväxt och överlevnad ska enligt effekthöjningsprogrammet ytterligare insamling av maximalt 200 individer göras från Biotestsjön. Under provtagningen insamlades totalt 221 honor från baskontroll- och effekthöjningsprogrammet. Från referensområdet Forsmark insamlades 141 honor.

#### Sik

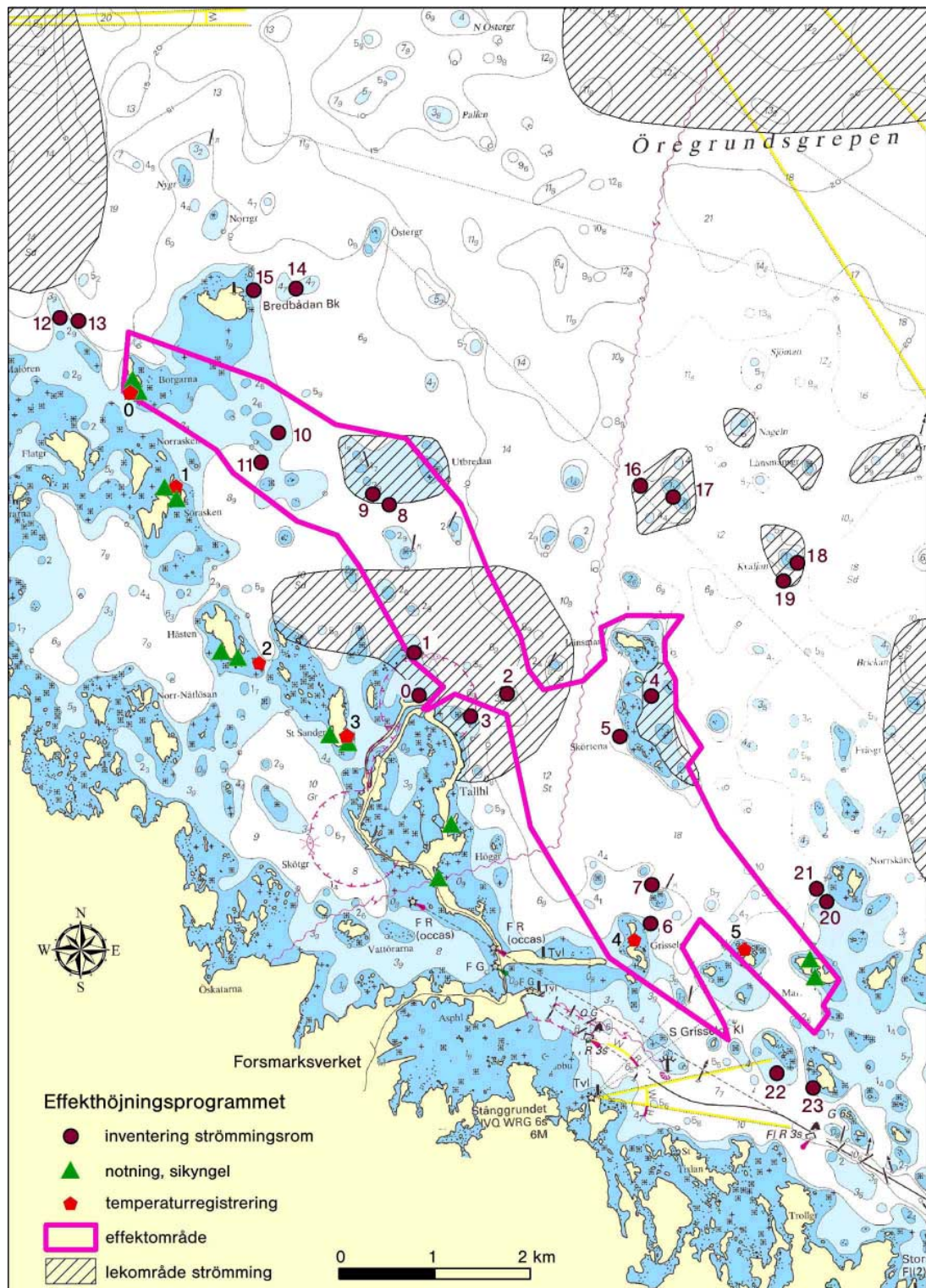
Presumptiva lek- och uppväxtområden har identifierats baserat på habitatkrav från litteraturuppgifter och tidigare larvnotningar i Forsmarksområdet.

Inventeringar av sikyngel genomfördes strax efter islossning vid tre tillfällen (figur 7), den 21 och 28 april samt 5 maj, med yngelnot. Provtagningslokalerna valdes ut med hänsyn till bottenbeskaffenhet och närhet till lek- och uppväxtområden för sik och sammanlagt inventerades 12 lokaler per tillfälle. Provtagningarna har följt fastslaget kontrollprogram.

I dessa områden har temperaturmätningar genomförts på fem stationer lokaliserade i närheten av varmvattenplymen (figur 7). På grund av okända anledningar försvann två av dessa fem temperaturmätare under året. Från de övriga tre stationerna, station 0, 1 och 3, finns temperaturdata från 1 januari till 9 november redovisat i denna rapport.

#### Strömning

Studier av lekansamlingar och yngel av strömning ska genomföras med ekointegrering och trålning i gradient från området med störst kylvattenpåverkan utåt tills man når vattenområden med referensområdeskaraktär. Provtagningen ska utföras minst fyra nätter under maj–juni. Provtagningarna har inte genomförts under 2011 på grund av haveri vid fartygstransporten.



Figur 7. Översiktskarta för undersökningar inom effekthöjningsprogrammet.



Studier av romförekomst har genomförts med konstgjorda leksubstrat under perioden april–juni vid sammanlagt 24 stationer (figur 7). Stationerna fördelades genom avläsning från SMHI:s plymmodell i en gradient från plymens kärna och utåt tills temperaturnivåerna liknande referens uppnåddes. Provtagningarna genomfördes enligt kontrollprogram.

### 3.3.3 Hårdbottenfauna på artificiella substrat

Fem sektioner av artificiella substrat sattes ut i plymen på c:a 3 m djup och fem som referens i Asphällafjärden på c:a 2 m djup den 26 augusti 2011. Varje sektion består av fem hopskruvade plexiglasplattor, 20 x 20 cm stora, med 2,5 cm mellanrum mellan plattorna. Vid upptagandet den 22 november konstaterades att två av sektionerna i plymen hade försvunnit. För övrigt utfördes undersökningen enligt planen.

Plattsektionerna togs upp från ytan så försiktigt som möjligt och ställdes ner i separata backar. Positioner, djup, botten temperaturer, och sedimentstruktur noterades. Av de tre plattsektionerna i plymen låg de två första på hårdbotten (P1 och P2) och den tredje (P3) på sandbotten. Samtliga sektioner i Asphällafjärden fanns på mjukare botten. Djuren från varje platta hanterades separat och konserverades i 70% etanol. Plattorna fotograferades och kolonier av mossdjuren *Electra crustulenta* räknades och mättes på varje enskild platta. På laboratoriet sorterades djuren ut under lupp, artbestämdes, räknades och vägdes. Snäckor och musslor mättes till närmsta mm.

## 4 Resultat

### 4.1 Förluster av fisk i silstationer

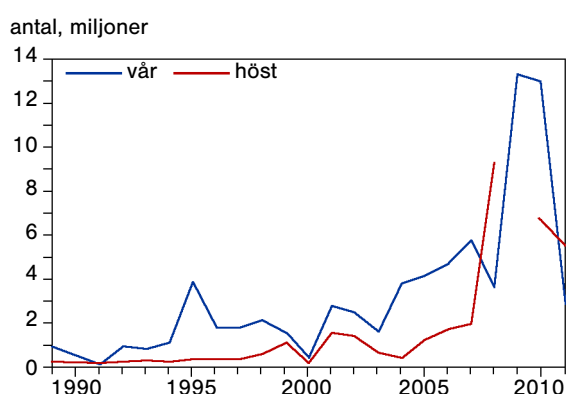
Fiskar som omkommer i silstationerna är i stor utsträckning småväxta arter som spiggar, stubbar och på hösten årsyngel av bland annat strömming (tabell 1). De uppräknade förlusterna av fisk under 2011 i Forsmarks silstationer (summan för aggregat ett, två och tre) beräknades till cirka 3 000 000 individer under vårperioden och 8 000 000 individer under hösten. Fiskförlusterna under våren var betydligt lägre 2011 än under de senaste två åren (tabell 1). Under hösten var de likartade som föregående år och högre än 2009 (tabell 1).

Tabell 1. Beräknade förluster av fisk (antal individer) i silstationerna till Forsmarks kärnkraftverk år 2009–2011.

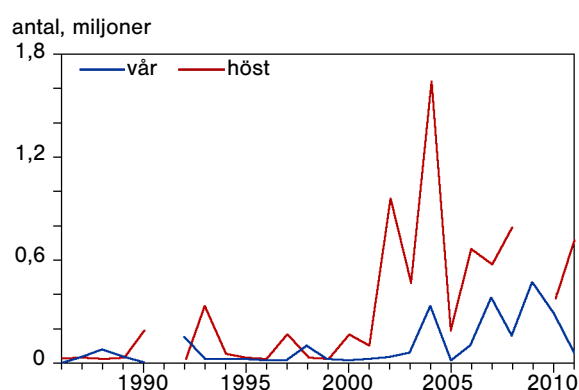
vår	2009	2010	2011	höst	2009	2010	2011
abborre	2415	11057	1722	abborre	6741	231	2279
björkna	872	578	11	björkna	0	21	0
braxen	21	987	315	braxen	378	882	1848
flodnejonöga	63	21	32	flodnejonöga	0	63	116
gers	1554	6153	861	gers	84	494	347
gädda	0	0	84	gädda	0	63	105
gös	389	137	168	gös	21	42	147
havsnål	8988	18270	2184	havsnål	15771	7865	14417
horngädda	11	0	0	hornsimpa	0	21	11
löja	7602	37779	15446	lax	0	32	21
mört	2867	9912	1019	löja	147	77952	15855
nors	25883	145152	16265	mört	2835	462	809
piggvar	11	11	11	nors	6447	30041	5093
sandskädda	0	21	0	piggvar	0	0	2016
skarpsill	599	221	74	ruda	0	11	21
skrubbskädda	21	0	0	sikar	0	53	42
småspigg	464772	288309	59703	siklöja	21	0	0
smörbultar	452	630	389	skarpsill	294	1680	1218
storspigg	13347327	12917457	2852640	småspigg	131544	374745	707721
strömming	234938	29453	13839	smörbult	21	0	0
stubb	1297317	44835	6552	storspigg	992082	6615305	5580897
sutare	21	0	0	strömming	150402	392448	1612716
tobis	1103	12999	11382	stubb	2709	36792	35417
tobiskung	11	0	0	tobis	273	557	11876
tånglake	84	284	809	tånglake	21	63	21
tångsnälla	0	11	0	tångsnälla	84	42	95
tångspigg	242	0	0	ål	63	641	1397
vanlig Ringbuk	11	0	0	<b>summa</b>	<b>1 309 938</b>	<b>7 540 502</b>	<b>7 994 480</b>
ål	189	294	32				
<b>summa</b>	<b>15 397 757</b>	<b>13 524 567</b>	<b>2 983 533</b>				

Liksom under de föregående åren var storspigg den klart dominerande arten under våren. Arten svarade för 96% av totalfångsterna 2011. Vårperiodens förluster av storspigg var dock lägre än åren innan, på nivåer liknande dem i början av 2000-talet. Däremot visade förekomsten av storspigg fortfarande en ökande trend under hösten<sup>1</sup> (figur 8). Förlusterna av småspigg följde ett liknade mönster. Småspigg förekom i låga mängder på våren och i relativt stora mängder under höstprovtagningarna (figur 9).

Förlusterna av ål i silstationerna har stadigt ökat i höstprovtagningarna sedan början av 1990-talet och var under 2011 högre än någonsin (figur 10). Medelvikten av de fångade ålarna visade att förlusterna främst bestod av gamla individer. Både mängden och storleken på ålen har ökat sedan kontrollerna startades år 1986<sup>2</sup>.

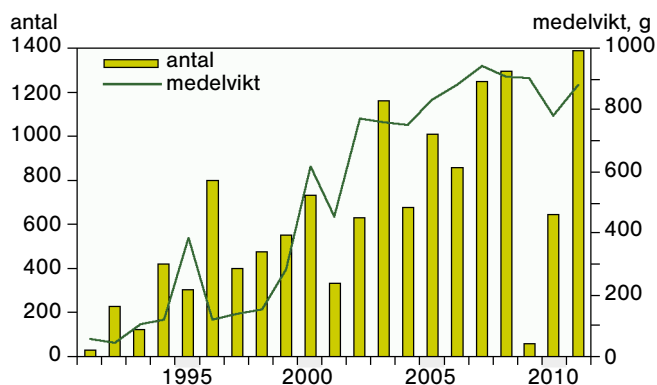


Figur 8. Beräknade förluster av storspigg i silstationerna under våren och hösten.



Figur 9. Beräknade förluster av småspigg i silstationerna under våren och hösten.

Figur 10. Beräknade förluster och medelvikter av ål i silstationerna under hösten.



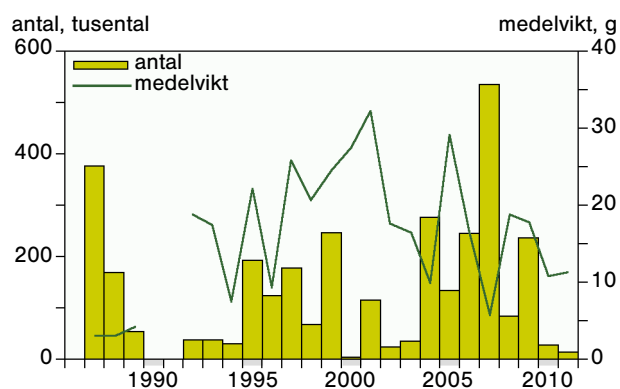
<sup>1</sup> Linjär regression 1989–2011 log,  $R^2=0,76$ ,  $p<0,001$ .

<sup>2</sup> Linjär regression 1986–2011,  $R^2=0,74$ ,  $p<0,001$  för medelvikt och  $R^2=0,78$ ,  $p<0,001$  för antal.

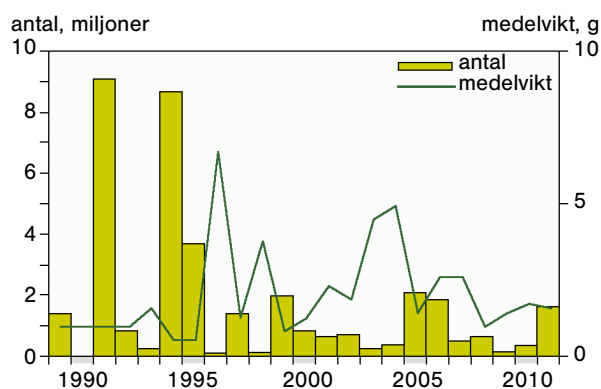


Mängden strömming i silstationen visade likt föregående år på låga förekomster under våren, där proverna dominerades av vuxna individer (figur 11). Under höstperioden var förlusterna däremot mer omfattande och visade på höga nivåer i jämförelse med det senaste decenniet. Liksom tidigare höstprovtagningar var medelvikten låg för strömmingen, vilket antyder att proverna dominerades av årsyngel (figur 12).

Antalet abborre, gös, mört och andra så kallade varmvattenarter förekom i relativt små mängder både på våren och hösten och medelviktarna visar att det främst var frågan om vuxna individer.



Figur 11. Beräknade förluster och medelvikter av strömming i silstationerna under våren.



Figur 12. Beräknade förluster och medelvikter av strömming i silstationerna under hösten.

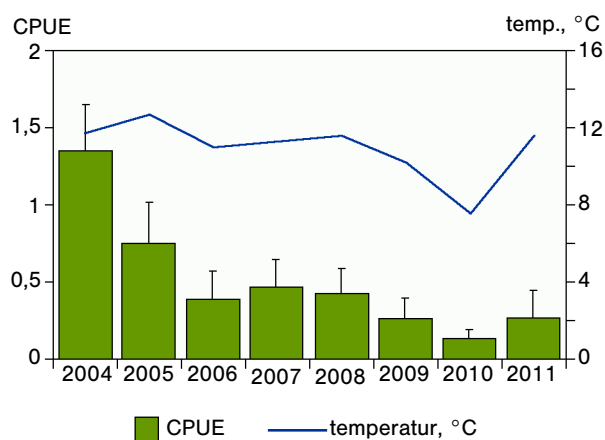
## 4.2 Biotestsjön

### 4.2.1 Ryssjeprovfiske

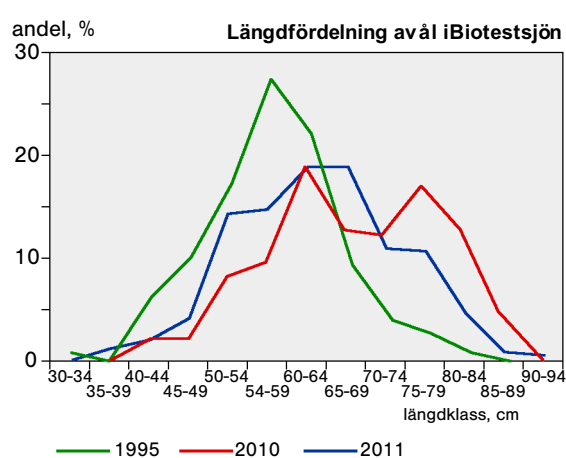
Under 2011 års fiske med ryssjor fångades 268 ålar (i medeltal 0,27 individer per ryssja och natt). Resultaten visar att mängden ål i anläggningen är minskande efter öppnandet av gallren 2004 (figur 13)<sup>3</sup>. Det finns en stark koppling mellan vattentemperaturen vid fisketillfällena och mängden ål i fångsterna, så att när temperaturen ökar i Biotestsjön fångas fler ålar<sup>4</sup>. Medellängden hos ålen var drygt 63 cm år 2011,

<sup>3</sup> Linjär regression 2004–2011,  $R^2=0,83$ ,  $p=0,01$ .

<sup>4</sup> Pearsons korrelationskoefficient<sub>2004–2011</sub>  $r=0,53$ ,  $p<0,001$ .



Figur 13. Fångster av ål i ryssjeprovfisket i Biotestsjön under våren samt medeltemperaturen vid vittjningarna.



Figur 14. Längdfördelning av ål från fångsterna i ryssjeprovfisket i Biotestsjön.

vilket var lägre än under föregående år (figur 14). Ålarna är större i Biotestsjön idag jämfört med mitten av 1990-talet, innan fiskspärren togs bort<sup>5</sup> (figur 14).

Vid årets fiske fångades även nors i anläggningen, en art som inte förekommit i fiskundersökningarna i Biotestsjön sedan 1996.

#### 4.2.2 Nätprovfiske

Vid provfisket med kustöversiktsnät i Biotestsjön under vårperioden fångades sammanlagt 7 215 individer, fördelade på tolv arter (tabell 2). Liksom de föregående åren har fisket påverkats av att ål plockat bort och tuggat sönder fångsterna, vilket försvårat analyserna av fisket. Under fisket uppgick skadorna till cirka 300 så kallade ålbulor under hela fisket. Störningsfrekvensen var lägre än 2010. Skadorna var mest omfattande under maj och juni och de arter som var mest utsatta av ålbetningen uppskattades vara karpfiskar ( $\approx 50\%$ ), gers ( $\approx 30\%$ ) och abborre ( $\approx 20\%$ ) (Adill, pers. obs.).

Under vårens nätprovfiske dominerades fångsterna av mört (4 595 individer) och abborre (2 160 individer), vilka tillsammans utgjorde 94% av fångsterna (tabell 2). Likt de senaste årens fiske var fångsterna under vårprovtagningen stora. Sedan borttagandet av gallren har kraftiga ökningarna av abborre och mört skett<sup>6</sup>. De största

<sup>5</sup> Variansanalys Anova 1995 vs 2011,  $F_{1,416}=31,00$ ,  $p<0,001$ .

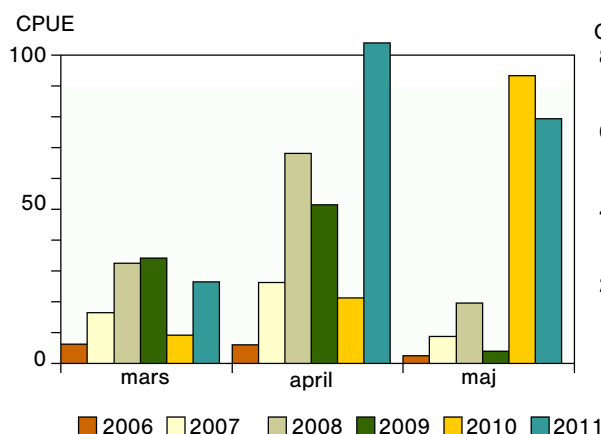
<sup>6</sup> Linjär regression 2005–2011 log,  $R^2=0,62$ ,  $p<0,05$  för abborre,  $R^2=0,87$ ,  $p<0,01$  för mört.

Tabell 2. Fångster från vårens provfiske med Kustöversiktnät i Biotestsjön.

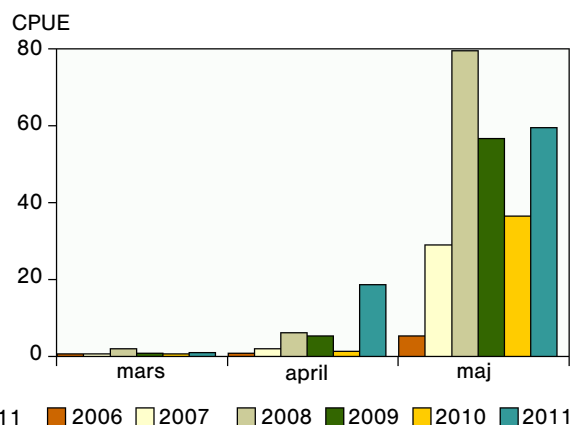
art	totalt antal	antal per anstr.	andel, %
mört	4595	65,64	63,69
abborre	2160	30,86	29,94
gers	287	4,10	3,98
björkna	106	1,51	1,47
löja	40	0,57	0,55
braxen	9	0,13	0,12
sik	5	0,07	0,07
ål	5	0,07	0,07
vimma	4	0,06	0,06
sarv	2	0,03	0,03
gädda	1	0,01	0,01
nors	1	0,01	0,01
<b>totalt</b>	<b>7215</b>		

Tabell 3. Fångster från höstens provfiske med Kustöversiktnät i Biotestsjön.

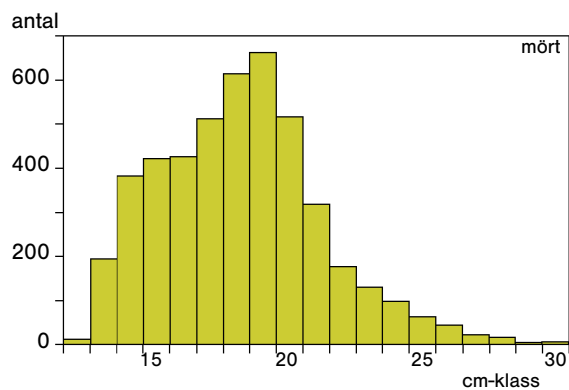
art	totalt antal	antal per anstr.	andel, %
abborre	604	20,13	39,20
mört	585	19,50	37,96
gers	209	6,97	13,56
sarv	111	3,70	7,20
björkna	15	0,50	0,97
sutare	5	0,17	0,32
braxen	4	0,13	0,26
gädda	3	0,10	0,19
id	2	0,07	0,13
gulål	1	0,03	0,06
löja	1	0,03	0,06
vimma	1	0,03	0,06
<b>totalt</b>	<b>1541</b>		



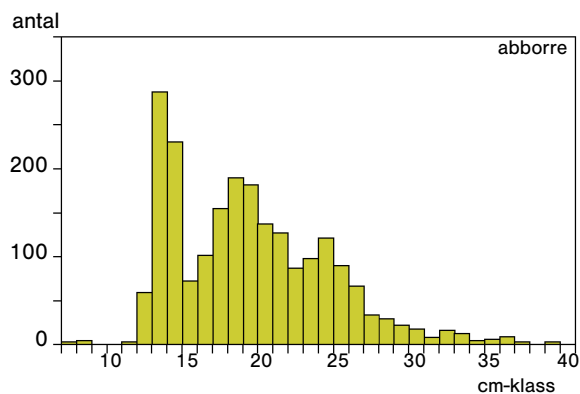
Figur 15. Fångster av mört i Biotestsjön vid nätfiskena under våren.



Figur 16. Fångster av abborre i Biotestsjön vid nätfiskena under våren.



Figur 17. Längdfördelning mört från nätfångsterna under våren

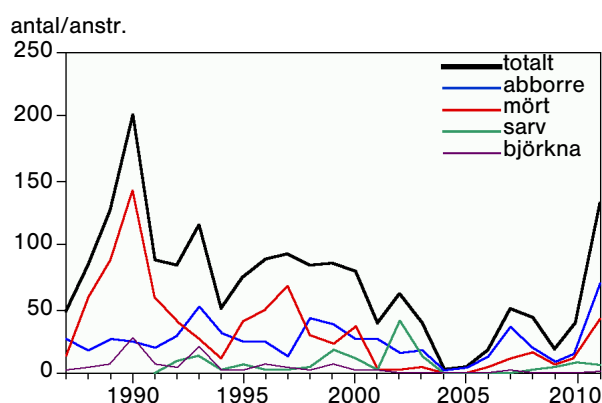


Figur 18. Längdfördelning abborre från nätfångsterna under våren.

fångsterna av mört förekom under april–maj (figur 15) medan abborre fångades främst under maj månad (figur 16). En stor mängd av de fångade abborrarna och mörtarna var små (<20 cm) (figur 17, figur 18). I likhet med ryssjefisket fångades nors i näten under vårperioden och även sik, vilka båda anses vara typiska kallvattenarter. Under nätfisket fångades endast gädda vid ett tillfälle (tabell 2).

I höstprovfiskena fångades totalt 1 541 individer där abborre och mört var de vanligaste fångsterna (39 respektive 38%; tabell 3). Fångsterna av abborre var de klart högsta som förekommit under höstfiskena i Biotestsjön sedan studierna inleddes 1987 (figur 19). Även andra arter, såsom mört och gers, fångades i stor omfattning. Utvecklingen i höstprovfiskena visade på ökade förekomster av fisk i Biotestsjön sedan gallren togs bort år 2004<sup>7</sup> (figur 19).

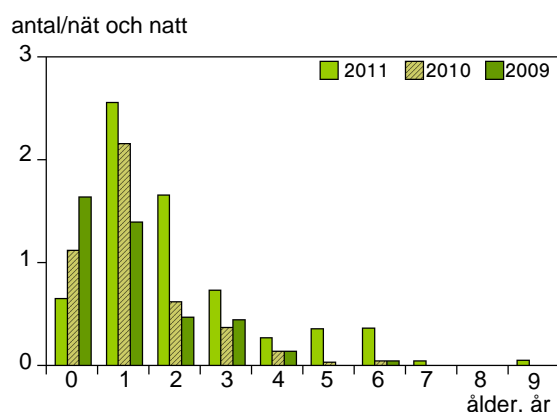
Figur 19. Fångster i Biotestsjön vid nätfiskena under hösten.



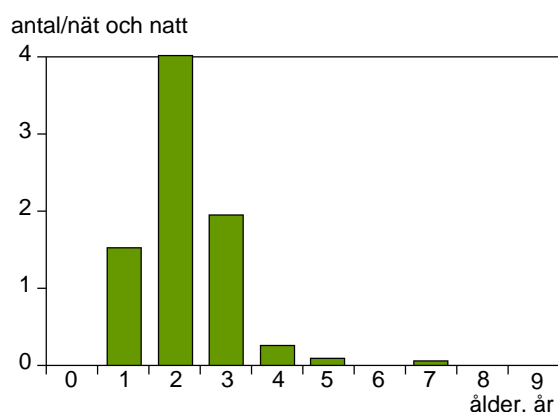
#### 4.2.3 Ålder

Provtagning på abborre för undersökning av ålder genomfördes vid höstens provfiske varvid 221 honor samlades in. Fångsterna bestod främst av unga individer (0–3 år) men till skillnad från senaste åren fångades även en hel del äldre individer (figur 20). Resultatet för abborre utanför anläggningen under samma period visade liknande mönster där de flesta av individerna var tre år eller yngre, däremot saknades årsyngel helt i referensfiske (figur 21).

<sup>7</sup> Linjär regression 2004–2011 log,  $R^2=0,73$ ,  $p<0,01$  för totala fångster.



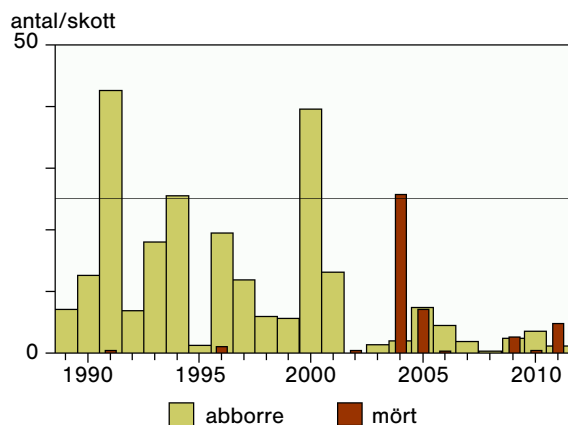
Figur 20. Fångst per ålder av abborre i Biotestsjön under hösten.



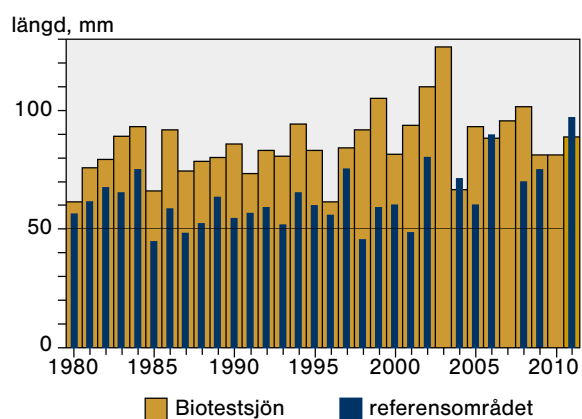
Figur 21. Fångst per ålder av abborre i Forsmark under hösten.

Tabell 4. Fångster från yngelundersökningarna i Biotestsjön.

art	antal	per skott	andel, %
löja	341	11,4	58,5
mört	147	4,9	25,2
björkna/braxen	52	1,7	8,9
abborre	36	1,2	6,2
sarv	3	0,1	0,5
björkna	3	0,1	0,5
gädda	1	0,03	0,2
<b>totalt</b>	<b>583</b>		



Figur 22. Fångst av abborre- och mört yngel i Biotestsjön mellan 1989–2011.



Figur 23. Medellängd hos årsyngel av abborre i Biotestsjön och referensområdet vid Ön.

#### 4.2.4 Täthet av yngel

Vid yngelundersökningarna i Biotestsjön förekom högst tätheter av löja (11,4 yngel per skott). Yngel av mört förekom i något högre nivåer än föregående år (4,9 individer/skott; tabell 4). Förekomsten av abborre i provtagningarna motsvarade 1,2 individer

per skott vilket var låga värden jämfört med tidigare år, och utvecklingen för abborre i fångsterna visade fortsatt negativ trend<sup>8</sup> (figur 22). Medellängden hos årsynglen av abborre var 90 mm vilket var mindre än i referensområdet vid Ön (figur 23).

#### 4.2.5 Fisksjukdomar och parasiter

Under alla provfischen granskades samtliga fiskar med avseende på förekomst av parasiter och yttre sjukdomssymptom. Den vanligaste parasiten i Biotestsjön var svarta fläcksjukan, som orsakas av digena trematoder, och som främst drabbar karpfiskar. Andelen mörtar med symptomet var under årets provfischen cirka 50%. Frekvensen parasitering var ungefär i samma nivåer som tidigare tre år. I övrigt förekom två individer i fångsterna från Biotestsjön med sjukdomssymptom, en abborre och en mört hade drabbats av ryggradskrökning.

#### 4.2.6 Kontroll av kondition och gonadskador

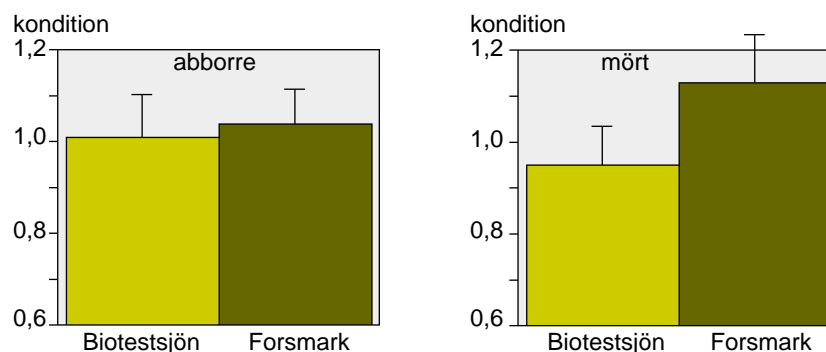
Vid individprovtagningarna under höstens provfischen kontrollerades könsproduktornas (gonader) kvalitet och konditionsstatus för samtliga abborrar och mörtar i fångsterna. Av abborre studerades 221 honor och ingen påträffades med någon typ av gonadskada. Av 102 studerade mörthonor påträffades ingen med skador på gonaderna. I referensområdet utanför anläggningen prover på 141 abborrhonor och 38 honor av mört. Ingen av individerna påträffades med gonadskador.

I undersökningarna av fiskens kondition visade resultaten att mört i referensområdet hade bättre kondition än individerna inne i Biotestsjön<sup>9</sup> (figur 24). Medelvärdet för konditionen hos mörten i Biotestsjön var under 1,0 vilket anses vara ett lågt värde. Konditionen hos abborre var ungefär i samma nivåer i Biotestsjön och referensområdet (figur 24).

---

<sup>8</sup> Linjär regression 1989–2011,  $R^2=0,18$ ,  $p<0,05$ .

<sup>9</sup> One way ANOVA,  $p<0,001$  för mört.



Figur 24. Kondition hos abborrhonor och mörthonor i oktober månad i Biotestsjön och Forsmark.

### 4.3 Öregrundsgrepen och Finbofjärden

#### 4.3.1 Nätprovfisken

I provfisket med nordiskt kustöversiktsnät i Forsmarksområdet fångades 2 565 individer av 13 olika arter. Den mest förekommande arten var abborre som svarade för 50% av fångsterna (tabell 5). Utvecklingen i fisket från 2003 visar på små mellanårsvariationer, och en tendens till ökning av de totala fångsterna<sup>10</sup> (figur 25). Fångsterna av gers har ökat i området sedan fisket inleddes 2002<sup>11</sup> (figur 26).

Vid provfisket med Nordiskt kustöversiktsnät i referensområdet i Finbofjärden fångades totalt 3 325 individer av 14 olika arter (tabell 6). Den vanligaste arten i fisket

Tabell 5. Fångster från provfiske med nordiskt kustöversiktsnät under augusti i Forsmark.

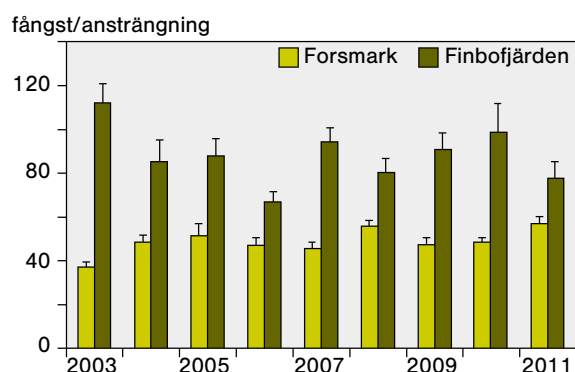
art	antal	per ansträngning	andel, %
abborre	1277	28,38	49,79
gers	414	9,2	16,14
mört	353	7,84	13,76
strömming	257	5,71	10,02
björkna	148	3,29	5,77
löja	81	1,8	3,16
braxen	14	0,31	0,55
storspigg	6	0,13	0,23
gös	5	0,11	0,19
svart smörbult	4	0,09	0,16
sik	3	0,07	0,12
id	2	0,04	0,08
tånglake	1	0,02	0,04
<b>totalt</b>	<b>2565</b>		

Tabell 6. Fångster från provfiske med nordiskt kustöversiktsnät under augusti i Finbofjärden.

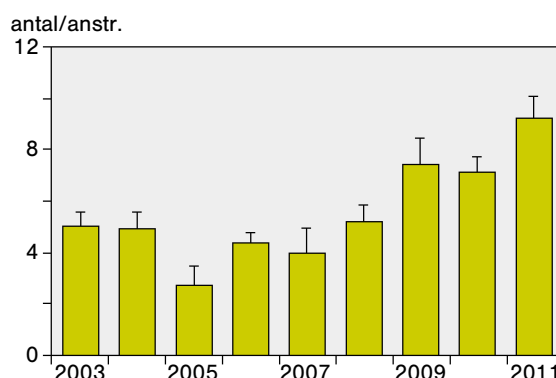
art	antal	per ansträngning	andel, %
abborre	1424	31,64	237,93
mört	796	17,69	133,00
strömming	442	9,82	73,85
gers	257	5,71	42,94
björkna	167	3,71	27,90
löja	165	3,67	27,57
braxen	33	0,73	5,51
nors	15	0,33	2,51
gös	11	0,24	1,84
gädda	5	0,11	0,84
skrubbskädda	4	0,09	0,67
hornsimp	3	0,07	0,50
skarpsill	2	0,04	0,33
id	1	0,02	0,17
<b>totalt</b>	<b>3325</b>		

<sup>10</sup> Linjär regression 2003–2011 log,  $R^2=0,39$ ,  $p=0,07$  för totala fångster.

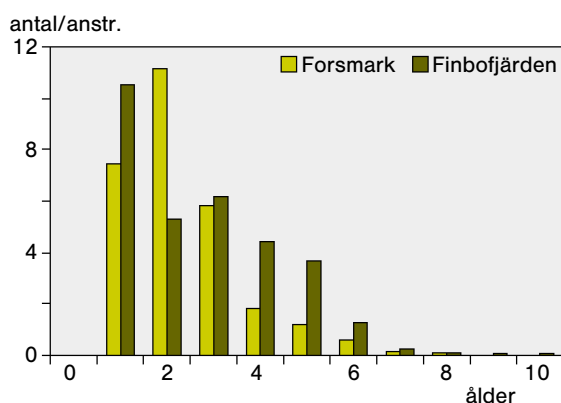
<sup>11</sup> Linjär regression 2002–2011,  $R^2=0,55$ ,  $p<0,05$ .



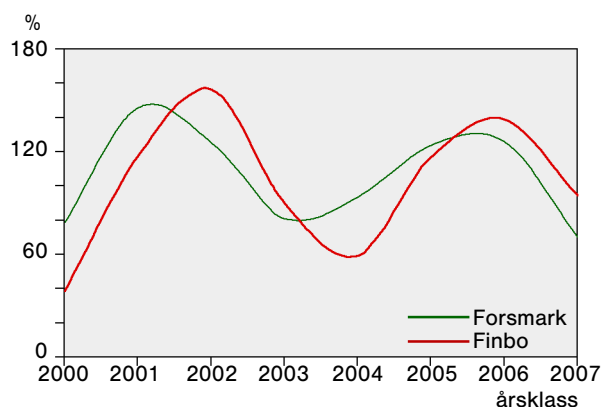
Figur 25. Totalfångster i Forsmark och Finbofjärden i nordiskt kustöversiktsnät.



Figur 26. Fångster av gers i nordiskt kustöversiktsnät i Forsmark.



Figur 27. Fångst per ålder av abborre i Forsmark och Finbofjärden.



Figur 28. Årsklasstyrka (modifierad Svärdsösson) för abborre i Forsmark och Finbofjärden.

var, liksom i Forsmark, abborre som utgjorde 43% av fångsterna, följt av mört (24%) och strömming (13%). I Finbofjärden fångas kallvattenarter, såsom skrubbskädda, hornsimpa och strömming i större omfattning än i Forsmark. Hos mört var en stor andel av individerna småväxta (80% av mörten var 14 cm eller mindre). Fångsterna i Finbofjärden var liksom tidigare år större än i Forsmarksområdet<sup>12</sup> (figur 25).

#### 4.3.2 Årsklasstyrka hos abborre

I Forsmark dominerades abborrfångsterna av unga individer, 1–3 åringar, och samtliga abborrar förutom en (13 år) var sex år eller yngre. Vid referensfisket i Finbofjärden fångades en större andel äldre fiskar, och fångsterna bestod främst av ett- till femåriga individer (figur 27). Årsklasstyrkan hos abborren har under 2000-talet samvarierat mellan de två områdena för individer med ålder 2–4 år<sup>13</sup> (figur 28).

<sup>12</sup> Variansanalys Anova 2003–2011,  $F_{1,17}=68,57$ ,  $p<0,001$ .

<sup>13</sup> Pearsons korrelationskoefficient<sub>2000–2007</sub>  $r=0,72$ ,  $p<0,05$ .

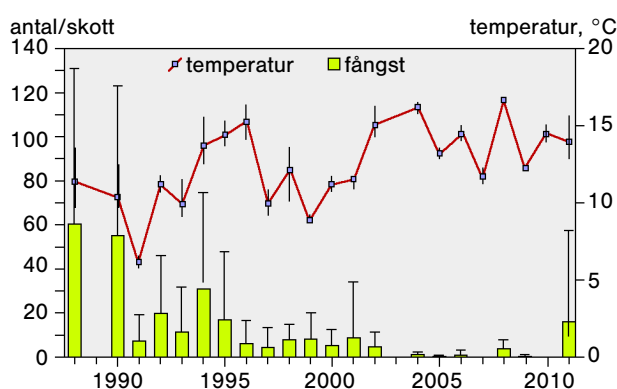


### 4.3.3 Yngelstudier

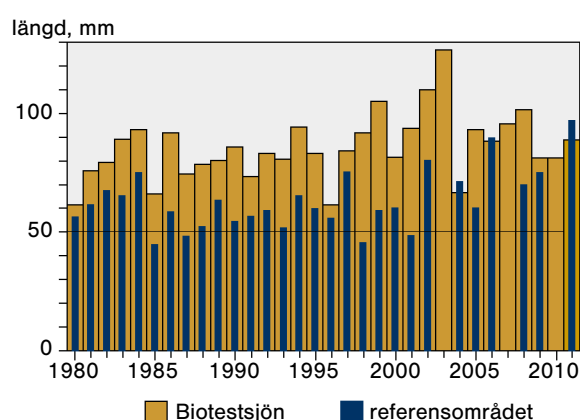
Vid yngel- och småfiskundersökningarna i Forsmark fångades under 2011 sammanlagt 9 966 individer. De vanligaste förekommande arterna var löja och strömming (tabell 7). Fångsterna av abborryngel var ovanligt stora och i liknande nivåer som under 1990-talet (figur 29). Den största andelen av abborrarna (348 stycken) fångades vid en station under första dagens provtagning. Medellängden för abborrynglen var 98 mm vilket var det högsta värdet som förekommit i undersökningarna och ett högre värde än för yngel inne i Biotestsjön (figur 30).

Tabell 7. Fångster i yngelundersökningarna i Forsmark.

art	totalt	per skott	andel %
löja	5715	190,50	57,34
strömming	3454	115,13	34,66
abborre	410	13,67	4,11
elritsa	164	5,47	1,65
sandstubb	152	5,07	1,53
storspigg	56	1,87	0,56
mört	6	0,20	0,06
gädda	3	0,10	0,03
gers	2	0,07	0,02
sarv	2	0,07	0,02
björkna/braxen	1	0,03	0,01
småspigg	1	0,03	0,01
<b>totalt</b>	<b>9966</b>		



Figur 29. Fångst av årsyngel av abborre och temperatur vid fångstillfället i Forsmark.

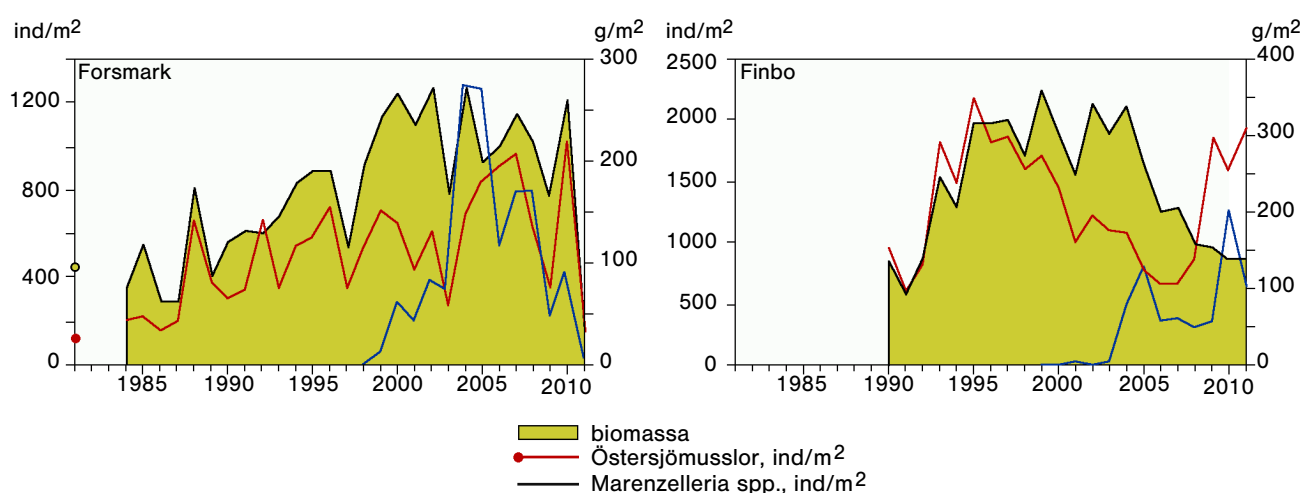


Figur 30. Längdtillväxt för årsyngel av abborre i Biotestsjön och referensområdet vid ön.

#### 4.4 Bottenfauna

På den medeldjupa stationen (FM 119, 16 m) vid Länsman, som tidvis berörs av kylvattenplymen, ökade antal djur, arter och biomassor under 1980- och 1990-talen<sup>14</sup> (figur 31). Liknande mönster uppvisade även referensstationerna i Finbofjärden<sup>15</sup> (figur 31). Under 2000-talet var biomassorna oförändrade vid Länsman, men minskade i referensområdet under de sju senaste undersökta åren<sup>16</sup>. Vid provtagningen 2011 var dock biomassorna och antal djur vid Länsman lika låga som, eller lägre än, i början av 1980-talet, medan artantal och faunans sammansättning liknade de senaste årens. I referensområdet var faunans artsammansättning, individ- och artantal samt biomassor jämförbara med fjolårets.

På stationen i Öregrundsgrepens djupränna vid Engelska grundet (41 m) var vitmärlan (*Monoporeia affinis*) den talrikaste arten under 1980-talet medan östersjömuslorna (*Macoma balthica*) dominerade biomassorna (figur 32). Tätheterna av

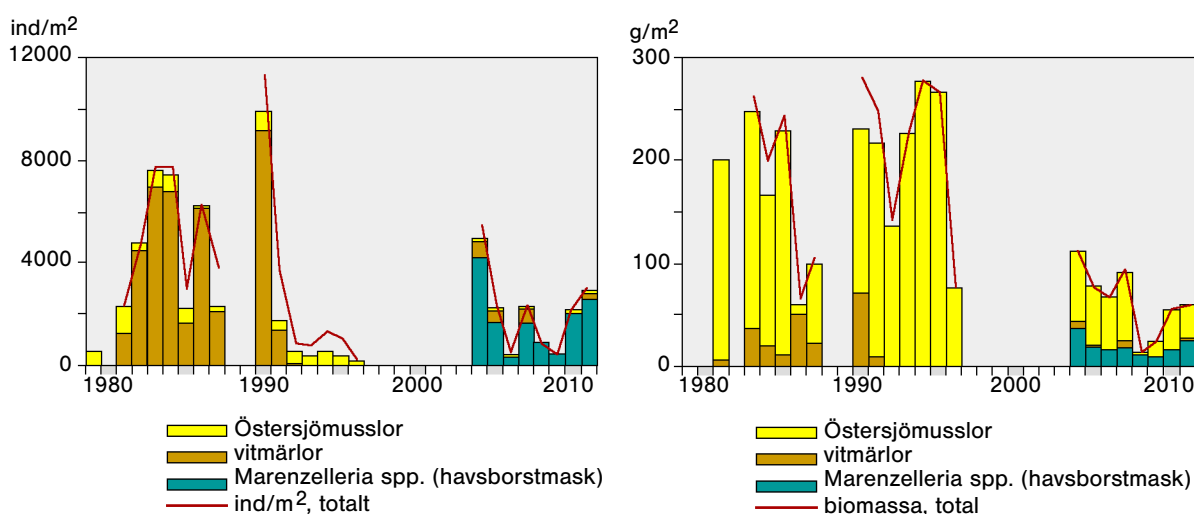


Figur 31. Bottendjurens totala biomassor samt antal individer för två viktiga arter våarana 1981 och 1984–2011 på en station i Forsmarksområdet (16 m) och 1990–2011 på en station i Finbofjärden (24 m).

<sup>14</sup> Linjär regression 1980–1999,  $R^2=0,50$ ,  $p<0,05$  för antal djur,  $R^2=0,65$ ,  $p<0,01$  för antal arter,  $R^2=0,81$ ,  $p<0,001$  för biomassa

<sup>15</sup> Linjär regression 1990–1999,  $R^2=0,90$ ,  $p<0,001$  för FB9,  $R^2=0,90$ ,  $p<0,001$  för FB3, biomassa.

<sup>16</sup> Linjär regression 2005–2011,  $R^2=0,47$ ,  $p=0,29$  för FM119,  $R^2=0,93$ ,  $p<0,01$  för FB9,  $R^2=0,92$ ,  $p<0,01$  för FB3.



Figur 32. Botten djurens totala individtäteter och biomassor, uppdelat på tre dominerande arter på en station i Forsmarksområdet (41 m) våarna 1981, 1983–1987, 1990–1996 och 2004–2011. Under mellanliggande år utfördes ingen provtagning.

vitmärlor minskade 1991 och de var nästan helt försvunna efterföljande år, 1992–1996<sup>17</sup>. Havsborstmasken *Marenzelleria spp.* hittades första gången i provtagningarna 1997, och var den talrikaste arten 2004. Samtidigt kom vitmärlorna tillbaka, om än inte i samma höga tätheter som tidigare<sup>18</sup>. Både tätheter och biomassor av östersjömusslor var låga och har vid tidigare tillfällen endast varit lägre 1986 och 1996 då bottenarna drabbats av syrebrist<sup>19</sup>. Vid provtagningen 2011 utgjorde havsborstmasken *Marenzelleria spp.* 86% av individantalet och östersjömusslorna 53% av biomassorna. De totala biomassorna var de fyra senaste åren lägre än vid något tidigare provtagningstillfälle<sup>20</sup>. På den djupa referensstationen i Finbofjärden var faunans utveckling likartad, men vitmärlorna var där den talrikaste arten ända fram till 1995 (figur 33). Biomassorna av östersjömusslor ökade när vitmärlan blev ovanligare och de förblev relativt höga under början av 2000-talet<sup>21</sup>. Under de sju senaste åren var havsborstmasken *Marenzelleria spp.* den talrikaste arten i proverna, och de totala biomassorna var under denna period lägre än tidigare<sup>22</sup>.

<sup>17</sup> Envägs Anova  $p < 0,001$ , 1983–1987 och 1990 jämfört med 1991–1996 för antal vitmärlor.

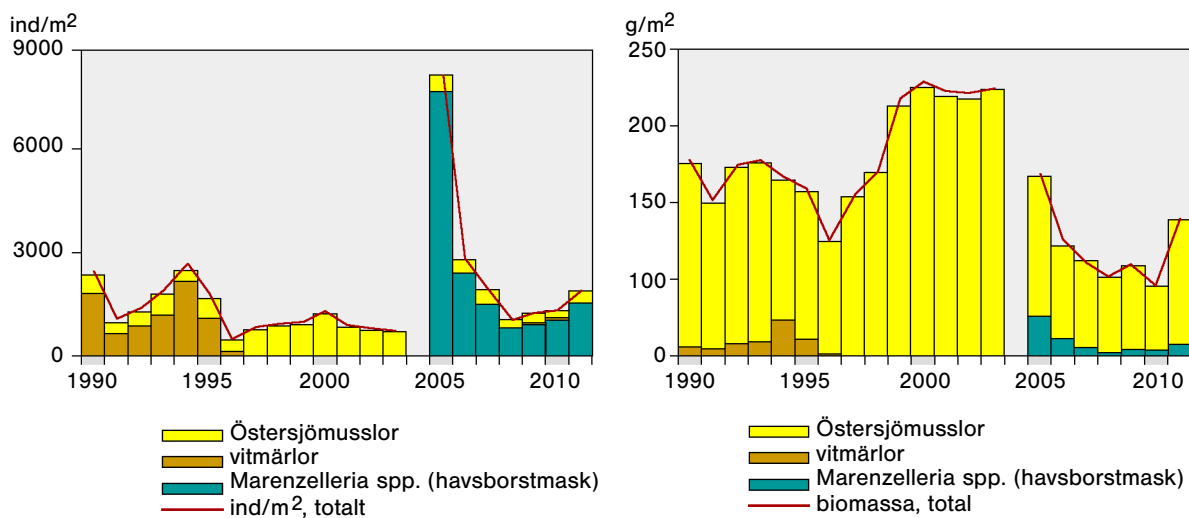
<sup>18</sup> Envägs Anova  $p < 0,001$ , 1981–1987 och 1990 jämfört med 2004–2011 för antal vitmärlor.

<sup>19</sup> Envägs Anova  $p < 0,001$ , 1985, 1987 och 1990–1995 jämfört med 2004–2011 både för antal och biomassor av östersjömusslor.

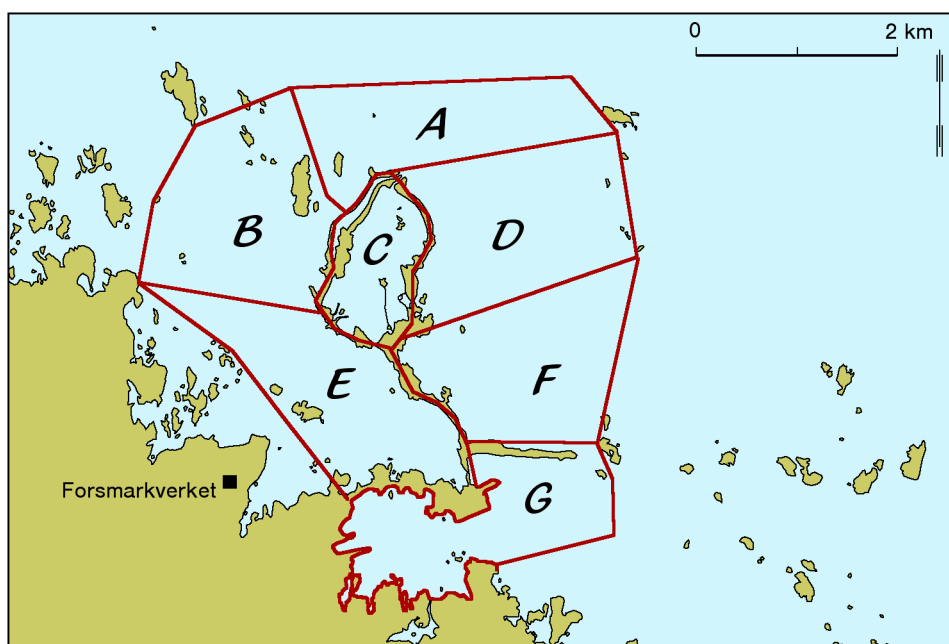
<sup>20</sup> Envägs Anova  $p < 0,05$ , 2004–2007 jämfört med 2008–2011 för totala biomassor.

<sup>21</sup> Envägs Anova  $p < 0,001$ , 1999–2003 jämfört med 1994–1998 för biomassor av östersjömusslor på FB 2.

<sup>22</sup> Envägs Anova  $p < 0,001$ , 2005–2011 jämfört med 1997–2003 för totala biomassor på FB 2.



Figur 33. Bottendjurens totala individtätheter och biomassor, uppdelat på tre viktiga arter på en station i referensområdet i Finbofjärden (42 m) vårarna 1990–2003 och 2005–2011. Under mellanliggande år utfördes ingen provtagning.



Figur 34. Delområden vid räkning inom fågelinventeringarna.

#### 4.5 Fågelinventeringar

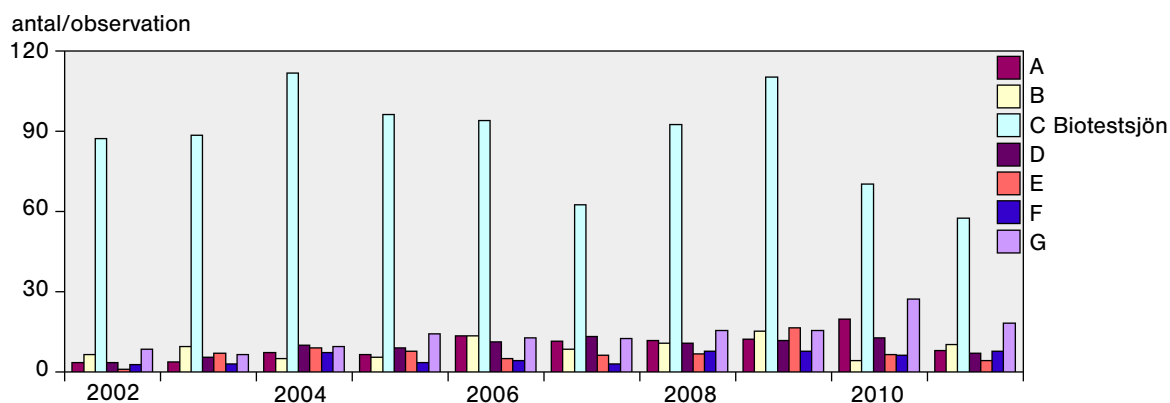
Vid årets fågelinventeringar observerades sammanlagt 30 624 individer vid 23 tillfällen av de prioriterade arterna och detta var cirka 10 000 färre individer än under 2010 (22 tillfällen; tabell 8). Flest observationer förekom i delområde C, inne i Biotestsjön med drygt 10 000 individer (tabell 9, figur 35).

Tabell 8. Sammanlagda fågelförekomsterna för arterna inom fågelinventeringarna i Forsmark.

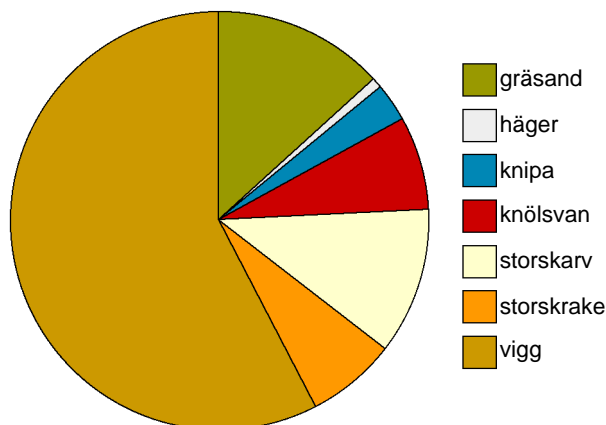
art	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
gräsand	2510	2476	1324	1616	2698	986	1801	3422	1742	1752
häger	167	158	217	210	256	360	349	343	232	145
knipa	4600	5773	7476	5715	7221	6255	6276	10842	12743	8040
knölsvan	882	1237	1369	1243	1616	892	1189	1376	2298	1402
mellanskarv	2819	1603	4236	4482	5057	5307	8737	6744	3746	4823
storskrake	1551	4388	2747	2871	2729	3931	2713	2753	5719	3678
vigg	12054	12915	23893	17522	20703	10449	17453	21637	14402	10784
<b>totalt</b>	<b>24583</b>	<b>28550</b>	<b>41262</b>	<b>33659</b>	<b>40280</b>	<b>28180</b>	<b>38518</b>	<b>47117</b>	<b>40882</b>	<b>30624</b>
antal observationer	23	23	25	22	24	20	22	22	22	23

Tabell 9. Sammanlagda förekomsterna av arterna inom fågelinventeringarna i delområdena A–G under 2011.

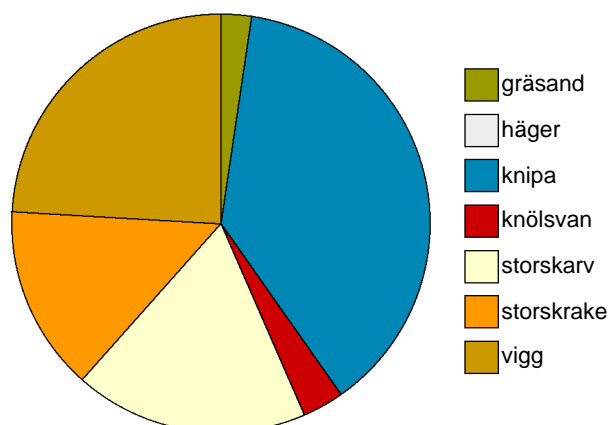
art	A	B	C	D	E	F	G
gräsand	48	50	1319	45	51	135	104
häger	0	0	109	11	7	8	10
knipa	1812	1249	311	823	644	1115	2086
knölsvan	75	45	720	92	26	143	301
mellanskarv	413	11	1169	1184	342	1261	443
storskrake	760	159	721	493	191	335	1019
vigg	142	535	5858	566	643	481	2559
totalt	3250	2049	10207	3214	1904	3478	6522

Figur 35. Antal fåglar per observation och km<sup>2</sup> (gräsand, häger, knipa, mellanskarv, knölsvan, vigg och storskrake) i delområdena A–G.

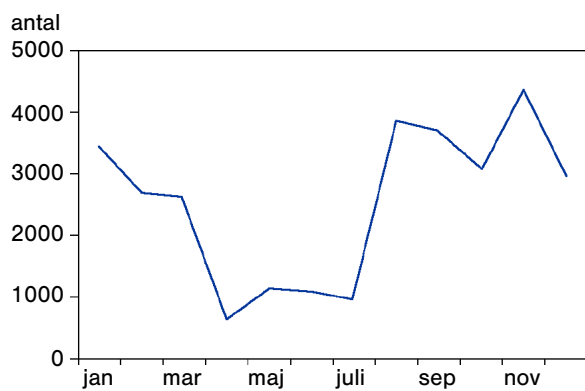
Den vanligaste arten i Biotestsjön var vigg, som svarade för 58% av observationerna (figur 36). Utanför anläggningen i övriga delområdena (A–B, D–G) var vigg (35%), knipa (26%) och gräsand (26%) mest förekommande (figur 37). Mängden fågel i undersökningsområdet var som tidigare år störst under rast- och övervintringsmånaderna januari–mars och september–december (figur 38).



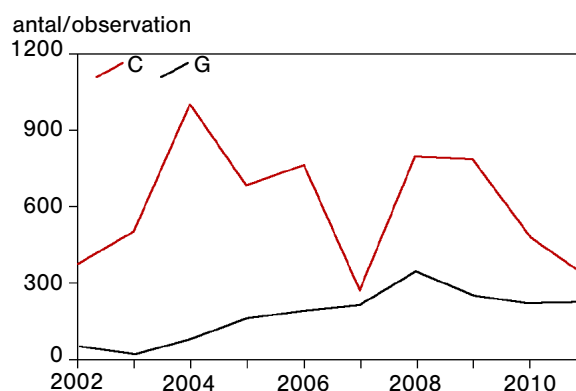
Figur 36. Artfördelningen i Biotestsjön under 2011.



Figur 37. Artfördelningen i delområdena utanför Biotestsjön under 2011.



Figur 38. Fågelförekomster per månad under 2011 för samtliga arter i Forsmark.



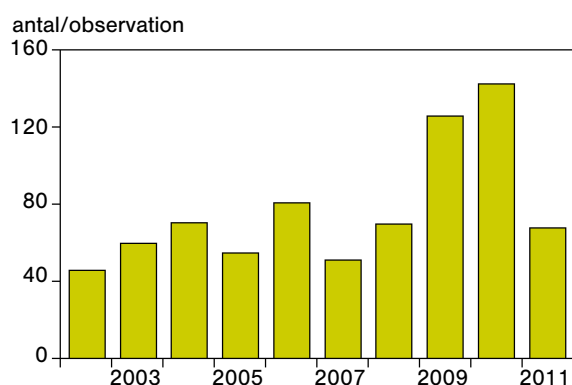
Figur 39. Förekomsten av vigg i delområdena C och G mellan 2002 och 2011.

Under 2011 var förekomsterna av vigg låg i de flesta delområdena utanför Biotestsjön jämfört med de senaste årens räkningar (figur 39). Undantagen var vid område G, vid intagsområdet till kraftverket, där tätheten av vigg var fortsatt hög och visade på fortsatt ökande förekomster<sup>23</sup> (figur 39). Mängden vigg i Biotestsjön var fortfarande stor, dock på lägre nivåer än de senaste två åren (figur 39).

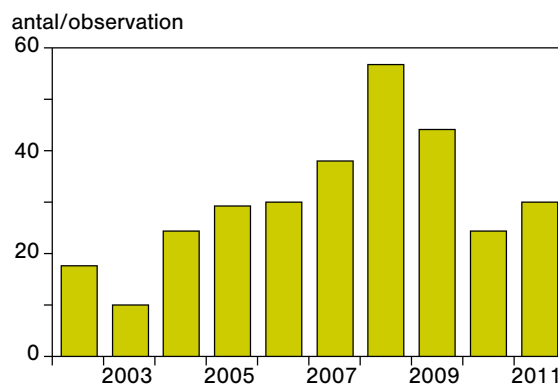
Resultaten för knipa i Forsmarksområdet har de senaste åren visat på ökande förekomster<sup>24</sup>. Under 2011 var dock mängden knipor lägre och de flesta uppehöll sig vid områdena kring plymområdet (A) och intagsområdet (G) (figur 40).

<sup>23</sup> Linjär regression 2002–2011,  $R^2=0,65$ ,  $p<0,01$ .

<sup>24</sup> Linjär regression 2002–2010,  $R^2=0,61$ ,  $p<0,05$ .



Figur 40. Förekomsten av knipa i undersökningsområdet mellan 2002 och 2011.



Figur 41. Förekomsten av mellanskarv i undersökningsområdet mellan 2002 och 2011.

Mellanskarven visade likt 2010 på mindre förekomster än tidigare och den positiva utvecklingstrenden fram till 2009 har avstannat<sup>25</sup> (figur 41).

## 4.6 Effekthöjningsprogrammet

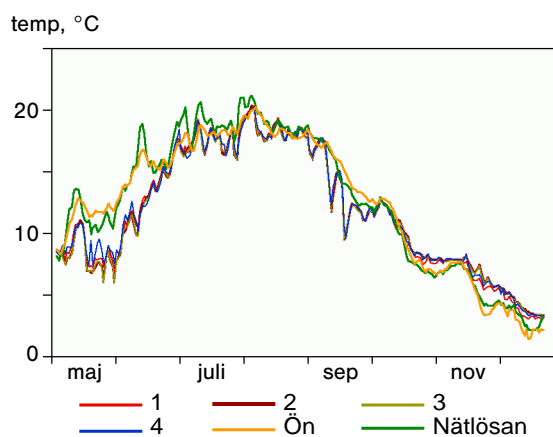
### 4.6.1 Asphällafjärden

Vid yngel- och småfiskundersökningarna i Asphällafjärden fångades totalt 90 individer. Den största delen av fångsterna utgjordes av årsyngel av strömming (tabell 10). Till skillnad från undersökningarna vid Forsmarks innerskärgård saknades abborryngel helt vid Asphällafjärden.

Vattentemperaturen i Asphällafjärden följde ungefär samma mönster som 2010, och var lägre än referensstationerna vid Ön och Nätlösan under våren–sommaren. Från oktober till december var det generellt varmare i Asphälla än vid referensområdet (figur 42).

Tabell 10. Fångster vid yngelundersökningarna i Asphällafjärden.

art	totalt	per skott	andel %
strömming	64	3,20	71,11
elritsa	15	0,75	16,67
småspigg	7	0,35	7,78
gädda	2	0,10	2,22
mört	2	0,10	2,22
<b>totalt</b>	<b>90</b>		



Figur 42. Temperaturer i Asphällafjärden och referensområdet Ön och Nätlösan 3 maj–16 december.

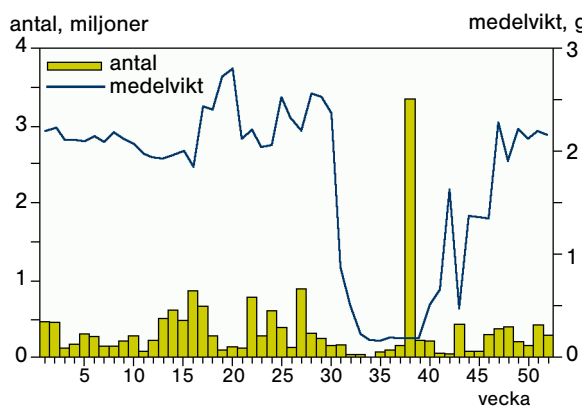
<sup>25</sup> Linjär regression 2002–2009,  $R^2=0,81$ ,  $p<0,01$ .

## 4.6.2 Silstationer

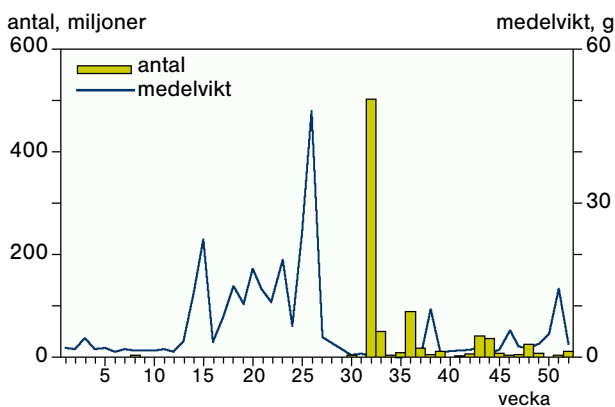
Vid den utökade provtagningen i silstationen under 2011 beräknades den totala förlusten av fisk till 27 285 000 individer (tabell 11). De klart vanligaste arterna under året var storspigg och strömming, som svarade för hela 93% av förlusterna (tabell 11). Den största förekomsten av storspigg noterades under en provtagningsomgång vecka 38 då 3 500 000 individer fastnade i silarna (figur 43). De största förlusterna av strömming skedde vecka 32 (figur 44). Baserat på de observerade medelviktarna inom provtagningarna, noterades främst årsyngel (figur 44). De största förlusterna av ål förekom under hösten från vecka 36 fram till årsskiftet, vilket sammanfaller med tidpunkten för den ordinarie provtagningsperioden i baskontrollprogrammet (figur 45). Medelviktarna hos ålarna visade att det främst förekom adulta individer (figur 45).

Tabell 11. Beräknade förluster av fisk (antal individer) i silstationerna baserat på samtliga provtagningarna under 2011.

art	antal	andel, %
storspigg	16983582	62,25
strömming	8473616	31,06
småspigg	1148007	4,21
sandstubb	253071	0,93
löja	237059	0,87
nors	105746	0,39
tobis	32897	0,12
havsnål	24770	0,09
abborre	7245	0,03
braxen	3203	0,01
mört	2972	0,01
piggvar	2027	0,01
ål	1932	0,01
skarpbill	1628	0,01
gers	1586	0,01
tånglake	1334	0,00
gädda	1313	0,00
gös	1103	0,00
svart smörbult	819	0,00
flodnejonöga	389	0,00
lax	336	0,00
hornsimpa	126	0,00
tångsnälla	126	0,00
sik	53	0,00
björkna	42	0,00
ruda	42	0,00
siklöja	32	0,00
<b>totalt</b>	<b>27 285 048</b>	

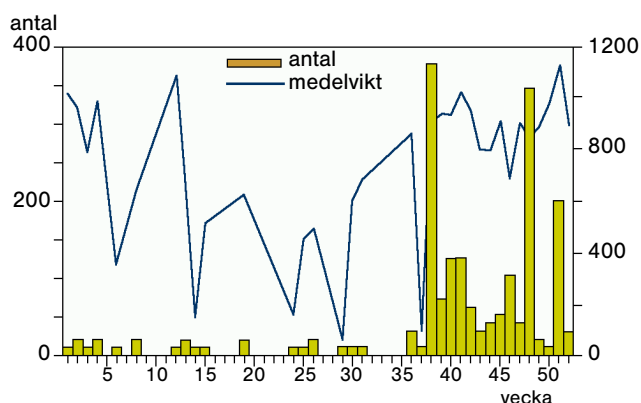


Figur 43. Beräknade förluster av storspigg i silstationerna under 2011.

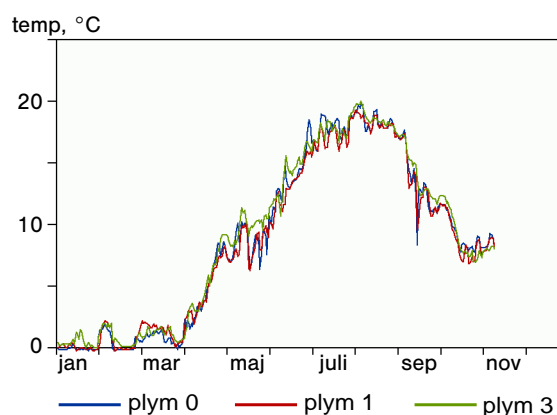


Figur 44. Beräknade förluster av strömming i silstationerna under 2011.





Figur 45. Beräknade förluster av ål i silstationerna under 2011.



Figur 46. Temperaturlinjer mellan 1 januari till 9 november i lek- och uppväxtområden för sik utanför varmvattenplymen i Forsmark.

#### 4.6.3 Sik

Temperaturen vid de presumtiva lek- och uppväxtområdena för sik i närheten av kylvattenplymen visade under 2011 på små fluktuationer mellan stationerna (figur 46). Det fanns inga indikationer på förhöjd temperatur orsakad av varmvattenutsläppet (figur 46).

Vid inventeringarna av sikyngel strax utanför plymområdet påträffades inga larver av sik, vilket var samma resultat som 2010. Fångsterna vid undersökningarna bestod av småväxta fiskarter. Sammanlagt fångades 1 288 individer, vilket var låga förekomster jämfört med 2010 (tabell 12). Den vanligaste arten var storspigg som svarade för 64% av fångsterna (tabell 12).

Tabell 12. Fångster vid yngelnotningarna i Forsmark under 2011. Inom parentes anges fångsterna för 2010 års undersökningar.

art	totalt	per ansträngning	andel, %
storspigg	820 (9654)	21,02 (247,54)	63,66
kusttobis	191 (140)	4,89 (3,59)	14,83
småspigg	128 (5396)	3,28 (138,36)	9,94
sandstubb	120 (1400)	3,07 (35,90)	9,32
elritsa	21 (3161)	0,53 (81,05)	1,63
löja	6 (565)	0,15 (14,49)	0,47
mört	1 (156)	0,03 (4,00)	0,08
mindre havsnål	1 (0)	0,03 (0,00)	0,08
abborre	0 (1)	0,00 (0,03)	0,00
<b>totalt</b>	<b>1288 (20473)</b>		

#### 4.6.4 Strömning

Under inventeringen av strömmingsrom i och utanför varmvattenplymen påträffades rom vid 12 tillfällen under provtagningsperioden (tabell 13). Romförekomsten var störst inne i varmvattenplymen där lekaktivitet påträffades vid nio tillfällen (station

Tabell 13. Förekomster av strömmingsrom i och utanför varmvattenplymen i Forsmark år 2011.

datum	05-06	05-11	05-20	05-26	06-03	06-09	06-17
stationer med rom	6	0	0	3	1	2	0
stationer utan rom	18	24	24	21	23	22	24

0, 1, 3, 7 och 8). Under två tillfällen påträffades strömmingsrom utanför varmvattenplymen, vid station 13 och 14 (figur 7). Vid de tillfällen när strömmingsrom påträffades, observerades från enstaka romkorn upp till cirka 500 stycken romkorn per band.

#### 4.6.5 Hårdbottenfauna på artificiella substrat

Resultaten från undersökningen av hårdbottenfauna på artificiella substrat 2011 visade att faunans sammansättning i Asphällafjärden och plymområdet skilde sig från varandra gällande både antal och biomassor<sup>26</sup> (figur 47). Faunan på den tredje plattsektionen i plymen, som låg på sandbotten, dominerades av märkräftor (*Gammarus spp.*) och skilde sig från samtliga andra sektioner<sup>27</sup>. På de två första sektionerna i plymen, som låg på hårdbotten var båtsnäcka (*Theodoxus fluviatilis*) och oval dammsnäcka (*Radix balthica*) dominerande arter (figur 48). I Asphällafjärden, där sedimenten var mjukare än i plymområdet, dominerades faunan i antal av tångloppor (*Leptocheirus pilosus*) och biomassorna av hjärtmusslor (*Cerastoderma glaucum*). Totalt var faunan artrikare och med högre biomassor i Asphällafjärden än i plymområdet<sup>28</sup>.

Vid provtagningen räknades och mättes även antal kolonier av mossdjuret *Electra crustulenta* (figur 49). Resultaten visar att det fanns fler kolonier per plattsektion i Asphällafjärden än i plymområdet (tabell 14)<sup>29</sup> och medelstorleken på kolonierna var större (tabell 15)<sup>30</sup>.

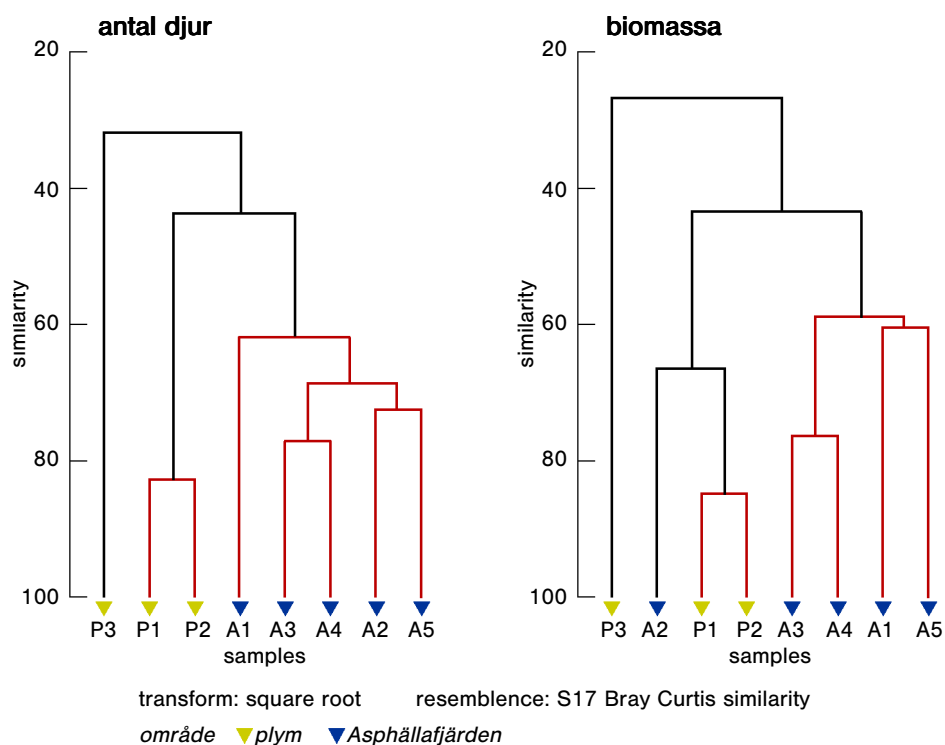
<sup>26</sup> SIMPROF test, jämförelse mellan samtliga sektioner,  $p < 0,01$  för antal,  $p < 0,05$  för biomassor

<sup>27</sup> SIMPROF test,  $p = 0,001$  för både antal och biomassor.

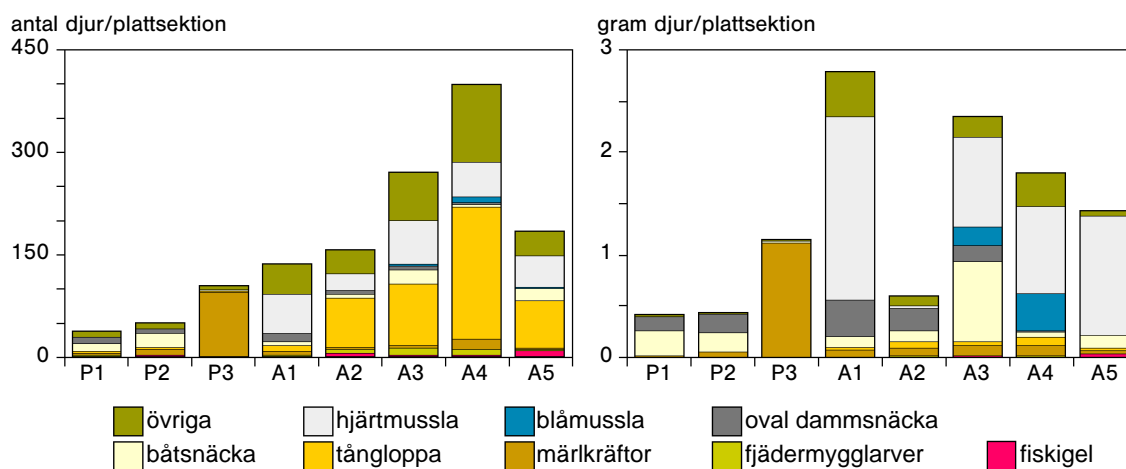
<sup>28</sup> Envägs Anova, jämförelse mellan sektioner,  $p < 0,05$  för antal taxa,  $p < 0,05$  för biomassor om man utesluter sektion A2 ur analysen, annars inte signifikant.

<sup>29</sup> Envägs Anova  $p < 0,01$  om man utesluter sektion A4 ur analysen, annars inte signifikant.

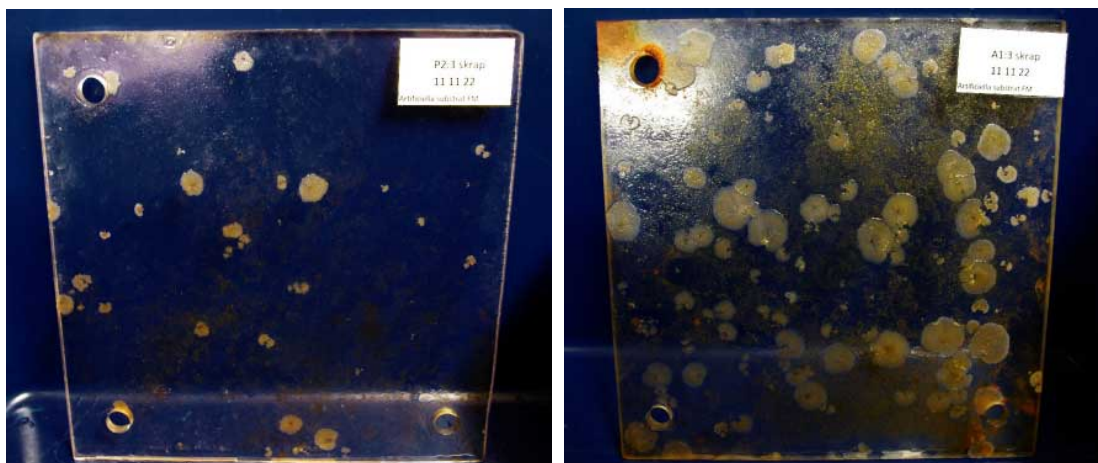
<sup>30</sup> Envägs Anova  $p < 0,05$  jämförelse av medelstorleken på kolonierna mellan plattsektioner.



Figur 47. Resultat av hierarkisk klusteranalys baserat på Bray-Curtis likhetsindex, för att jämföra likheter i artsammansättning mellan plattsektioner. Analyserna är baserade på antal djur per plattsektion (till vänster) samt biomassor (till höger), för tre plattsektioner i plymen (P1–P3) och fem i Asphällafjärden (A1–A5). Y-axeln visar hur stor likhet det finns i faunans artsammansättning mellan sektionerna, angivet i procent. Sektioner som är sammankopplade med svarta linjer är signifikant skilda från varandra i detta avseende (Analyserna är utförda i programmet PRIMER; Clarke and Warwick, 2001).



Figur 48. Totala antalet djur per plattsektion samt biomassor på tre plattsektioner i plymen (P1–P3) och fem i Asphällafjärden (A1–A5).



Figur 49. Exempel på plattor med kolonier av mossdjuret *Electra crustulenta*, den vänstra från plymen och den högra från Asphällafjärden.

Tabell 14. Antal kolonier av *Electra crustulenta* i plymområdet (P1–P3) och Asphällafjärden (A1–A5).

	P1	P2	P3	A1	A2	A3	A4	A5
platta:1	12	10	39	46	16	20	16	30
platta:2	13	20	24	66	26	38	16	33
platta:3	10	14	13	*	49	38	17	34
platta:4	4	2	8	44	57	30	22	29
platta:5	0	0	0	14	23	17	6	11
<b>summa</b>	<b>39</b>	<b>46</b>	<b>84</b>	<b>170</b>	<b>171</b>	<b>143</b>	<b>77</b>	<b>137</b>

\*På platta 3 i sektion A1 mättes inte kolonierna.

Tabell 15. Medelstorlek på kolonier av *Electra crustulenta* i mm på plattor från plymområdet (P1–3) och från Asphällafjärden (A1–A5).

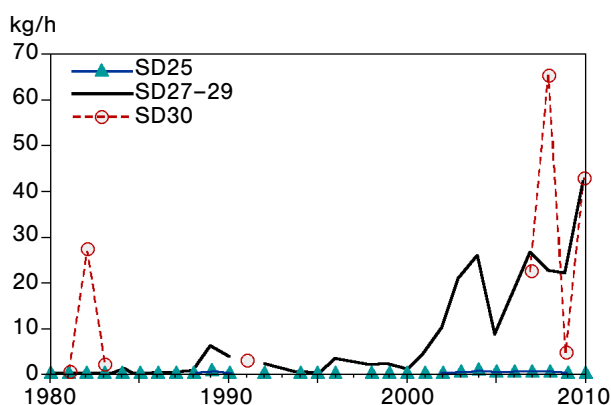
	P1	P2	P3	A1	A2	A3	A4	A5
platta:1	11,3	8,8	14,2	15,5	14,3	14,4	11,5	16,3
platta:2	9,2	9,1	13,0	14,7	17,6	14,9	12,3	15,7
platta:3	9,4	9,4	9,9	miss	14,9	16,3	15,5	14,2
platta:4	8,5	9,0	8,5	15,8	13,7	15,2	16,3	13,7
platta:5*				15,4	10,6	12,4	13,0	11,5
<b>totalt</b>	<b>9,8</b>	<b>9,1</b>	<b>12,6</b>	<b>15,2</b>	<b>14,3</b>	<b>14,9</b>	<b>14,0</b>	<b>14,7</b>

\*I plymen fanns inga kolonier på platta 5.

Övriga intressanta fynd var att det fanns äggbärande märkräfter i plymområdet i slutet av november, vilket inte fanns i Asphällafjärden. I två av sektionerna i Asphällafjärden (A4 och A5) fanns en smörbult mellan plattorna. I Asphällafjärden fanns tre exemplar av juvenila musslor, som inte tillhörde den inhemska faunan (troligen *Mytilopsis leucophaeatha*).

## 5 Diskussion

Förlusterna av fisk i silstationerna bestod främst av småväxta arter som storspigg, småspigg, sandstubb och kusttobis men även årsyngel av strömming under hösten. Provtagningarna under våren visade på låga fiskförekomster i silstationen jämfört med de senaste åren, främst beroende på att förekomsten av storspigg var låg. Även undersökningarna med yngelnot i Forsmarks skärgård visade att storspiggen förekom i låga nivåer under vårperioden i området. Den samlade trenden för artens utveckling är dock ökande jämfört med hur det såg ut under 80- och 90-talet (figur 50) (opublicerade data).



Figur 50. Spiggförekomst vid Baltic International Acoustic Survey i Östersjön och Bottniska viken.

Data från andra undersökningar, exempelvis BIAS (Baltic International Acoustic Survey) i Östersjön och Bottniska viken (figur 50) och resultaten från silstationen under höstperioden visar att storspigg fortfarande förekommer i höga nivåer i både utsjön och i kustnära områden. Att bestånden av storspigg har ökat tror man har en koppling till att mängden rovfiskar minskat så att spiggen fått ett minskat predationstryck (Eriksson, 2011). Ett spiggdominerat fiskesamhälle kan få negativa konsekvenser för andra organismer genom bland annat ökad predation på andra fiskarters rom och larver och födokonkurrens för uppväxande fiskyngel. Genom att spigg, när den förekommer i stor mängd, kan hålla nere mängden på små betande djur, kan detta även leda till en ökad förekomst av trådalger och andra övergödningsrelaterade symptom i våra kustvatten (Eriksson, 2011).

Resultaten från undersökningarna i silstationerna kan indikera om rekryteringen för kustlekande arter varit lyckad under året genom att en stor del av förlusterna under höstarna består av årsyngel. Rekryteringen av strömming och storspigg 2011 var enligt detta resonemang goda, eftersom båda arter uppvisade stora förluster av årsyngel vid höstens mätningar. För varmvattenarterna fanns inget sådant mönster i data från de ordinarie provtagningarna (vecka 37–48). Däremot visade den utökade kontrollen i silstationerna inom effekthöjningsprogrammet att det förekom höga nivåer av abborryngel under sensommaren, vilket indikerar att abborrekryteringen fungerat bra i Forsmarksområdet.

Vid ryssjeprovfisket under april månad fångades ål i liknande nivåer som de senaste åren. Det finns en stark koppling mellan vattentemperaturen och hur mycket ål som fångas. Ålen är en art som har hög preferenstempertur och blir mer aktiv när vattnet värms upp under våren (Sandler, 1979). Detta syns även på att störningsfrekvensen vid nätprovfiskena, de så kallade ålbulorna, ökar i omfattning ju varmare vattnet är. Resultaten visar att ålen har minskat i området sedan tiden innan borttagningen av gallren 2004, dessutom har storleken på ålen ökat sedan mitten på 90-talet. Detta tyder på att majoriteten av ålarna som befunnit sig i Biotestsjön härrör från den massiva utplanteringen av 500 000 glasålar 1989 och att dessa ålar uppnått ålder för könsmognad och vandrat ut från anläggningen (Svedäng m fl, 1996). Enligt resultaten för ål i silstationerna fortsätter trenden med ökande mängder ål i provtagningarna och medelvikten visar att det handlar om blankål, d v s ål som är mogen för att vandra mot lekområdena i Sargassohavet.

I ryssjeprovfiskena under april, liksom i nätfisket vid samma period, fångades nors för första gången i Biotestsjön sedan tiden efter borttagandet av gallren och med största sannolikhet har de lockats in till anläggningen av det uppvärmda vattnet. Under denna tid på året är norsen lekmogen och de söker gynnsamma områden och förhållanden för rekrytering. Sker leken i Biotestsjön finns dock stor risk att rekry-

teringen skulle misslyckas på grund av stor dödlighet hos de kläckta larverna. Eftersom nors och strömming har liknande levnadsmönster och preferenstemperaturer finns risken att även strömming kan söka sig in till Biotestsjön för lek (Pethon, 2004; Vinni *et al.*, 2004).

Under nätprovfisket i Biotestsjön under våren fångades återigen stora mängder av abborre och mört, främst i perioden mellan april och juni månad. Den ökande trenden i fångsterna under vårarna sedan öppnandet av gallren 2004 visar på en tydlig anlockning av fisk in till Biotestsjön för reproduktion. Trots den stora lekbiomassan i anläggningen syns ingen ökad yngelproduktion för abborre, fångsterna av abborryngel är fortfarande på samma låga nivåer som den senaste tioårsperioden. Det finns dock tydliga tecken att reproduktionen fungerar i Biotestsjön, eftersom årsyngel fångas både i sprängundersökningarna och i nätprovfiskena under oktober. Även mörtens rekrytering tycks fungera inne i anläggningen, fångsterna av mört-yngel 2011 var större än på många år.

Att abborrekryteringen har varit lyckad i Forsmarks innerskärgård under året visade sig vid yngelundersökningarna. Den annars negativa utvecklingen för yngelförekomsten i området bröts 2011 och förekomsten av abborryngel var relativt god. En likande bild har även setts i andra undersökningar längs Upplands kust och i Stockholms skärgård under året (Upplandsstiftelsen och Länsstyrelsen Stockholm läns undersökningar) och skulle kunna förklaras med att omgivningsfaktorer som temperatur och födotillgång för nykläckta larver har varit gynnsamma. Ett frågetecken kvarstår dock vad gäller abborrynglen i Forsmarksundersökningarna. Likt undersökningarna kontrollprogrammet 2008 fanns ett stort inslag av ovanligt stora individer vid provtagningarna, och det är oklart var dessa har sitt ursprung. På basen av årsynglens storlek skulle de kunna härstamma från Biotestsjön och ha drivits ut från anläggningen och spridit sig till Forsmarks skärgård. Detta skulle även till viss del förklara varför yngeltätheten i Biotestsjön är så låg i förhållande till den stora lekbiomassan av abborre som observerades i anläggningen under våren.



Provfisket med nät i Biotestsjön under hösten fångade stora mängder av både abborre och mört vilket visar att den positiva fångstutvecklingen i området fortsätter. Vid jämförelser mellan fiskarna i Biotestsjön och de utanför anläggningen fanns dock skillnader i individernas kondition. Mörtarna i Biotestsjön hade klart sämre kondition än individerna i Forsmarks skärgård, vilken kan indikera födobrist i området. Eftersom fiskar är växelvarma och följer omgivningens temperatur höjs fiskens metabolism vid ökad temperatur och kräver därför ökat energiintag. Konkurrensen om föda, som bland annat består av bottenlevande djur och växter, tillsammans med 2011 års långa perioder av höga temperaturer i Biotestsjön kan vara anledningen till den dåliga konditionen hos mört. För abborre däremot syntes endast små skillnader i kondition mellan individer i anläggningen och referensområdet. Det råder sannolikt inte någon födobrist för äldre abborrindivider i Biotestsjön eftersom tillgången på småfisk, såsom löja och mört, är stor.

En ökning av mängden bottenlevande djur, likt den som skedde under 1980- och 1990- talet på stationen vid Länsman (16 m), tyder ofta på eutrofierande processer i området. Eftersom referensstationerna i Finbofjärden uppvisade ett liknande mönster på 1990-talet och inte kunde skiljas från dem i Forsmarksområdet, har förändringen dock tolkats som storskaliga förändringar, som inte är unika för stationen i Forsmark. Från mitten av 2000-talet minskade dock biomassorna i referensområdet, medan de var fortsatt höga på stationen i Forsmark. Den olika utvecklingen i faunan under de senare åren kan vara ett tecken på att det varmare vattnet i kylvattenplymen påverkat bottenarna i området på ett sätt som inte återspeglats i referensområdet.

Vid provtagningen 2011 var däremot tätheter och biomassor av de bottenlevande djuren låga, lika låga eller lägre än i början av 1980-talet. Antal arter och faunans sammansättning skiljde sig inte från de närmast föreliggande åren. Faunans sammansättning, frånvaron av svavelluktande sediment och svartfärgade skal på musslor och snäckor tydde på att de låga värdena inte orsakats av syrebrist i sedimenten. En



förklaring kan vara att man vid provtagningen 2011 använde en betydligt lättare huggare än tidigare år, 26 kg jämfört med 44 kg. Eftersom sedimenten på Länsman består av hårt packad finsand är det möjligt att den lättare huggaren inte trängt ner tillräckligt djupt för att få med de djupast nedgrävda djuren, som mer storväxta *Marenzelleria spp.* och Östersjömusslor. På mjukare sediment, som vid Engelska Grundet, har huggarens tyngd mindre, eller ingen, betydelse.

Det är oklart vad de senaste årens synnerligen låga biomassor av bottenlevande djur på stationen i Öregrundsgrepens djupränna beror på. Eftersom faunan haft en liknande utveckling på den djupa stationen i referensområdet är resultatet dock sannolikt inte kopplad till kraftverkets drift. Den snabba ökningen av den invandrande havsborstmasken *Marenzelleria spp.* kan ha haft en roll i sammanhanget, även om man fortfarande inte vet mycket om artens ekologi i Östersjön och hur den påverkar övriga arter. På senare år har man genom genetiska analyser visat att det i Östersjön finns tre arter av havsborstmasksläktet *Marenzelleria* i Östersjön, vilka är nästan omöjliga att skilja åt på basen av utseendet. Enligt de senaste utbredningskartorna har man funnit *M. viridis* i sydöstra Östersjön samt efter svenska västkusten. *M. neglecta* har man funnit i Egentliga Östersjön upp till Ålands hav och *M. arctica* i norra delarna av Egentliga Östersjön och Bottenhavet (<http://www.frammandearter.se>). Det går därför inte att utesluta att olika arter inom detta havsborstmasksläkte, vilka kan ha något olika miljökrav och konkurrenskraft, förekommer i Forsmarks- och referensområdet.

Under 2011 visade fågelundersökningarna att Biotestsjön fortfarande är ett viktigt tillhåll för sjöfågel, främst under vinterhalvåret. Den isfria miljön under vinterhalvåret orsakad av utsläppsvattnet från kraftverket, främst i Biotestsjön men även i plym- och intagsområdet, skapar goda förhållanden som både rastplats och möjlighet till födosök. Samtliga arter förutom knipa förekommer i högre utsträckning i Biotestsjön än utanför anläggningen och orsaken till att knipan föredrar områdena utanför

beror troligtvis på att dess viktiga födoresurs, östersjömussla, saknas i Biotestsjön sedan flera år tillbaka (Karås m fl, 2009).

Resultaten från hårbottenfaunaundersökningarna med artificiella substrat visar på skillnader i faunans artsammansättning och biomassor mellan plymområdet och intaget av kylvatten i Asphällafjärden. En del av skillnaderna kan vara relaterade till den högre temperaturen eller kylvattenflödet och detta kommer att analyseras vidare. För att öka möjligheten till jämförelse mellan områden föreslås att provtagningsutformningen modifieras så att fler replikat, men färre plattor per sektion, används.

Den positiva utvecklingstrenden som syns för mellanskarven i Forsmarksområdet fram till 2009 har under de följande två åren avstannat. Under de senaste åren har det skett en viss förändring i skarvpopulationen längs Upplandskusten då antalet häckande fåglar minskat i området. Numera har antalet unga, icke-häckande individer, ökat i omfattning och dessa sträcker omkring utmed hela Upplands kuststräcka.

## 6 Referenser

- Clarke, K.R. and Warwick, R.M. (2001). Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation, second ed. Primer-E, Plymouth.
- Eriksson, B. K., K. Siben, J. Eklöf, L. Ljunggren, J. Olsson, M. Casini & U. Bergström. (2011). Effects of Altered Offshore Food Webs on Coastal Ecosystems Emphasize the Need for Cross-Ecosystem Management.
- Karås, P., A. Adill, M. Boström, K. Mo & A. Sevastik. (2009). Biologiska undersökningar vid Forsmarks kraftverk år 2000–2007.
- Naturvårdsverket. (1978). Biologiska inventeringsnormer, BIN, Fåglar. Punktlinjekartering.
- Pethon, P. (2004). Fiskar. Prisma. ISBN 91-518-4389-7. 234 s.
- Sadler, K. (1979). Effects of temperature on the growth and survival of the European eel (*Anguilla anguilla* L.). J. Fish Biol. 1979:15, 499–507
- Sandström, O. (1985). Recipient monitoring at Forsmark nuclear power plant station. SNV Report 1915, 26 s.
- 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 kärnkraftverk 1995–2000. Fiskeriverket informerar 2002:3.
- Svedäng, H., E. Neuman och H. Wickström. (1996). Maturation patterns in female European eel; age and size at the silver eel stage. Jour. Fish. Biol. **48**: 342–351.
- Söderberg, K. (2009). Provfiske i Östersjöns kustområden – Djupstratifierat provfiske med Nordiska kustöversiktsnät. Naturvårdsverket rapport. <http://www.naturvardsverket.se/sv/>
- Thoresson, G. (1992). Handbok för kustundersökningar. Recipientkontroll. Kustrapport 1992:4.
- Thoresson, G. (1996). Handbok för kustundersökningar. Recipientkontroll. Kustrapport 1996:7.
- Vinni, M., Lappalainen, J., Malinen T. and Peltonen, H. (2004). Seasonal bottlenecks in diet shifts and growth of smelt in a large eutrophic lake. Journal of Fish Biology, 64: 567–579.

