

Recipientundersökningar vid kärnkraftverket vid Oskarshamn

Sammanställning av resultat från
undersökningar av fisksamhällen
och mjukbottenfauna 1962–2001

JAN ANDERSSON
FREDRIK FRANZÉN
ANNA LINGMAN
Fiskeriverkets kustlaboratorium

OLOF SANDSTRÖM
Skärgårdsutveckling AB

Ansvarig utgivare: Axel Wenblad
Redaktionskommitté: Magnus Appelberg, Jan Andersson

För beställning kontakta:
Fiskeriverket, Kustlaboratoriet
Box 109, 740 71 Öregrund
Telefon: 031-743 03 00
fiskeriverket@fiskeriverket.se

Rapporten kan också laddas ned från Fiskeriverkets hemsida:
www.fiskeriverket.se

ISSN 1404-8590

Recipientundersökningar vid kärnkraftverket vid Oskarshamn

Sammanställning av resultat från
undersökningar av fisksamhällen
och mjukbottenfauna 1962–2001

JAN ANDERSSON
FREDRIK FRANZÉN
ANNA LINGMAN
Fiskeriverkets Kustlaboratorium, Ävrö 16, 572 95 Figeholm
jan.andersson@fiskeriverket.se
fredrik.franzen@fiskeriverket.se
anna.lingman@fiskeriverket.se

OLOF SANDSTRÖM
Skärgårdsutveckling AB
Skogsvägen 24
740 71 Öregrund

Innehåll

Summary	6
Sammanfattning	8
Inledning	10
Undersökningsområden	12
Simpevarp	12
Kvädöfjärden	13
Fisksamhällets långsiktiga utveckling	14
Fiskars reaktion på värme	14
Rekrytering och beståndsutveckling	15
Varmvattenarter	16
Abborrens årsklasstyrka	21
Abborrens tillväxt	23
Kallvattenarter	25
Temperatureffekter på fiskars fortplantning.	28
Fisksjukdomar	31
Bottenfauna	35
Artantal	35
Biomassa	37
Individtäthet	37
Referenser	40

Summary

The nuclear power plant at Oskarshamn on the Swedish coast of the Baltic Sea started producing electricity in the beginning of the 1970's. Biological base-line studies started in 1962 and since 1990 the biological monitoring focused on effects on fish. Monitoring also covered soft bottom macrofauna and benthic vegetation. In this report effects on fish and macrofauna are analysed. Size and structure of fish communities and individual characteristics of perch (*Perca fluviatilis*) are related to impact due to emissions from the power plant, mainly heated cooling water. Studies were conducted in the recipient area and in a reference area, Kvädöfjärden.

Long term increasing water temperature and increasing nutrient load during the last four decades, manifested in decreasing Secchi depth, were observed in the studied coastal areas.

The fish community in the close recipient was monitored by test fishing with multi mesh-size nets and fyke-nets. Species with high preference temperature as perch, white bream (*Blicca bjoerkna*) and roach (*Rutilus rutilus*) were dominants. These species increased in number with the start of cooling water emissions. Individual mean weight of perch increased significantly and stayed on a higher level. Less dominant species as ruffe (*Gymnocephalus cernuus*), rudd (*Scardinius erythrophthalmus*), vimba (*Vimba vimba*) and eel (*Anguilla anguilla*) also increased in abundance. The latter at least partly due to stocking.

In the by cooling water moderately affected archipelago near the power plant, and in the reference area, perch abundance increased strongly since the early 1960's. Silver bream and roach increased in the reference area. In the last 15 years the number of species increased in both areas, while most dominants varied on a stable level. Negative development was recorded for roach and rudd in the reference area. In

these areas monitoring was performed by multi mesh-size net fishing in the summer-time.

In previous studies year-class strength of perch was positively related to summer water temperature in all studied areas. This study found a weak relation with temperature in the reference area. In the same time (1985–1997), the corresponding relationship was negative in the archipelago close to the power plant. A positive relation between fry abundance in the close recipient and year class strength in the surrounding archipelago suggests a significance of the recruitment in the recipient for the local stock. A high background seawater temperature is discussed as a possible reason why recruitment near the power plant was more successful in cooler summers.

Perch grew significantly faster in the recipient and a slightly faster growth was also recorded for perch in the archipelago close to the power plant. Inter annual variation in growth was strongly related to water temperature.

Mainly marine species with low optimum temperature for activity were studied by multi mesh-size nets in April and May. Baltic herring (*Clupea harengus*) strongly dominated the catches. Herring abundance increased rapidly in the 1980's and after a peak in the early 1990's a negative trend followed. The increase in the 1980's did not correspond to the Baltic stock(s) as a whole and during this period an attraction of herring to the recipient was documented, probably explaining at least part of the increase. An increasing proportion of small sized herring in the 1990's is probably explained by a generally slower growth in the Baltic Sea.

Abundance of cod (*Gadus morhua*) increased dramatically in the 1970's. In the late 1980's catches fell to very low levels, prevailing during the rest of the studied

period. The development followed the eastern baltic stock, although the decline near the swedish coast was larger. Other species in the same fishery demonstrated large long term fluctuations and a relation with cod abundance seems probable in several cases. Marked decline was observed for many species towards the end of the investigated period and a correlation to an increasing abundance of seals is put forward as a possible explanation.

Recruitment disturbances were observed for perch and roach in the recipient. Abnormal gonads occurred mainly in old individuals and a correlation to an increased water temperature is evident. Experimental studies on perch revealed a strongly reduced egg survival. A weak correlation with water temperature in the winter indicated a higher degree of disturbance at higher back-ground temperature.

Prevalence of macroscopic symptoms of disease was documented in all catches. Skin ulcers in cyprinids were the most common symptoms in the close recipient, but trends were unusual and the prevalence did not differ from normal for the actual area and season. The prevalence of swim bladder parasites (*Anguillicola crassus*) in eel was stable (50–60%) after the establishment of the parasite in 1988. The prevalence of diseases outside the close recipient was low with a few exceptions. So called “stone roe”

in herring, eye parasites in sculpins (*Myoxocephalus scorpius*) and skin ulcers and *Lymfocystis* in flounder (*Platichthys flesus*) occurred at high levels in some periods. These occurrences could not be linked to the operation of the power plant.

Soft bottom macrofauna was monitored in two stations in the recipient and in two stations in the reference area. The number of species increased in the last two decades in shallow transport bottoms in both areas and in a somewhat deeper accumulation bottom in the reference area. Biomass was less than normal in the deeper station in the recipient from the early 1990's and oxygen deficit was observed in some of the years. An indirect correlation to the operation of the power plant is discussed. In the shallower stations a marked increase in biomass was observed in the reference area in recent years. No corresponding increase occurred in the recipient. Abundance declined in the deeper stations in both areas in the late 1980's due to a sharp decrease in abundance for the small crustacean *Mono-poreia affinis*. This species had not recovered at the end of the investigated period. In the shallow stations in both areas a long term increase in abundance was observed, mostly due to a positive development for the mussels *Mytilus edulis* and *Macoma balthica*.

Sammanfattning

Oskarshamnsverket vid svenska östersjökusten har producerat elektricitet sedan början av 1970-talet. Etableringen föregicks av biologiska basundersökningar från 1962 och sedan 1990 har den biologiska övervakningen haft en stark inriktning mot effekter på fisk. Dessutom övervakas bottdjurssamhällen och vegetation. Denna rapport avhandlar effekter på fisk och mjukbottenfauna. Fisksamhällenas storlek och sammansättning samt individuella egenskaper hos abborre (*Perca fluviatilis*) relateras till kraftverkets drift och till varierande naturliga omvärldsfaktorer. Studier har bedrivits parallellt i recipienten vid Simpevarp och i ett opåverkat referensområde, Kvädöfjärden.

Kustvattnet i studerade områden karaktäriseras under de senaste fyra decennierna av en stigande temperatur och av ökande halter av närsalter, avspeglat i ett minskande siktdjup.

Fisksamhället i recipienten studerades med nätprovfisken vår och sommar och med ryssjefisken under våren. Samhället dominerades av varmvattengynnade sötvattenarter som abborre, björkna (*Blicca bjoerkna*) och mört (*Rutilus rutilus*). En positiv utveckling av fisktätheten för dessa arter kunde kopplas till tillförseln av uppvärmt kylvatten. För abborre ses även en betydande ökning av medelvikten. En positiv beståndsutveckling inträffade även för icke dominanter som gers (*Gymnocephalus cernuus*), sarv (*Scardinius erythrophthalmus*), vimma (*Vimba vimba*) och ål (*Anguilla anguilla*). För den senare dock delvis till följd av utsättningar.

I den av kylvatten mindre påverkade skärgården vid Simpevarp och i referensområdet dokumenterades en starkt positiv utveckling för abborre sedan 1960-talet och i referensområdet även för björkna och mört. Beståndsutvecklingen följdes här genom nätprovfisken under högsommaren. Antalet arter i fångsten utvecklades positivt under de senaste femton åren, medan

de dominerande arterna oftast varierade på en stabil nivå. Utvecklingen för björkna och sarv var dock negativ i Kvädöfjärden.

Abborrens årsklasstyrka var tidigare positivt relaterad till vattentemperaturen i alla undersökta områden. I denna undersökning indikeras ett svagt positivt samband för referensområdet, medan sambandet för perioden 1985–1997 i skärgården vid Simpevarp var negativt. Ett positivt samband mellan yngeltäthet i recipienten och årsklasstyrka i den näraliggande skärgården tyder på att yngelproduktionen i recipienten var av betydelse även för årsklassdimensioneringen utanför detta begränsade område. En högre bakgrundstemperatur i det omgivande havet diskuteras som en tänkbar förklaring till att abborrens rekrytering vid Simpevarp fungerat bättre under kalla somrar under den aktuella perioden. Abborren tillväxte snabbare i närrecipienten och en något snabbare tillväxt i förhållande till referensen observerades även i skärgården vid Simpevarp. Tillväxtens mellanårsvariation var starkt positivt relaterad till vattentemperaturen under sommaren.

I huvudsak marina arter med låga temperaturoptima studeras sedan 1970 genom nätprovfisken under april och maj. Den i detta fiske starkt dominerande strömmingen (*Clupea harengus*) ökade snabbt i fångsterna under 1980-talet för att kulminera runt 1990. Därefter observerades en stark negativ utveckling. Ökningen under 1980-talet saknade motsvarighet hos strömmingsbeståndet i Östersjön som helhet och under denna period dokumenterades en anlockning av strömming till kylvattnet som sannolikt delvis förklarar uppgången. Ett större inslag av småvuxen strömming under 1990-talet kan sannolikt förklaras av en dokumenterat långsammare tillväxt i stora delar av Östersjön. Torskfångsten (*Gadus morhua*) ökade mycket kraftigt och till höga nivåer under 1970-talet för att under 1980-talets senare del

minska till en mycket låg nivå. Denna nivå rådde därefter under resten av undersökningsperioden. Utvecklingen speglar den för det östra torskbeståndet i Östersjön, som dock inte föll tillbaka till lika låga nivåer under 1990-talet. Utvecklingen för andra arter i samma fiske uppvisade stora och långsiktiga fluktuationer och ett samband med torsktätheten förefaller sannolikt i flera fall. Markerade tillbakagångar noterades för flera arter mot slutet av undersökningsperioden och ett samband med en ökad förekomst av säl i området förs fram som en tänkbar orsak.

Fortplantningsskador observerades hos abborre och mört i recipienten. För ögat synliga störningar förekom i onormal omfattning hos främst äldre fiskar och en koppling till kylvattenpåverkan är uppenbar. Experimentella studier av abborre påvisade starkt försämrade äggöverlevnad. Ett svagt samband med vattentemperaturen under vintern indikerade en högre störningsgrad vid högre bakgrundstemperatur.

Förekomsten av för ögat synliga sjukdomssymptom dokumenterades vid alla fisken. Hudsår hos karpfiskar var vanligast i närrecipienten, men trender var ovanliga och sjukdomssituationen bedömdes inte avvika från vad som är normalt för område och årstid. Prevalensen av simblåseparasiter (*Anguillicola crassus*) hos ål låg stabilt på 50–60% efter etablering av parasiten 1988. Sjukdomsförekomsten utanför

närrecipienten var låg, med undantag för periodvis hög förekomst av stenrom hos strömming, ögonparasitering hos rötsimpa (*Myoxocephalus scorpius*) och hudsår och *Lymfocystis* hos flundra (*Platichthys flesus*). Dessa observationer kunde inte kopplas till driften av kraftverket.

Mjukbottenfauna övervakades på två lokaler i recipienten och på två i referensområdet. Artrikedomen var högre under de två senare decennierna än tidigare på grunda transportbottnar i båda områdena och på en djupare ackumulationsbotten i referensområdet. Biomassan var mindre än normalt på den djupare lokalen i recipienten från början av 1990-talet och återkommande syrgasbrist observerades. Ett indirekt samband med kraftverkets drift diskuteras. På de grundare lokalerna sågs en markant ökning av biomassan i referensen under senare år, samtidigt som motsvarande lokal i recipienten var oförändrad. Individrikedomen på de djupare lokalerna i recipient och referensområde minskade under slutet av 1980-talet till följd av en markant nedgång för populationen av vitmärta (*Monoporeia affinis*). Arten har därefter inte återhämtat sig. För de grundare lokalerna i båda områden observerades en markant ökning av individrikedomen sett över hela undersökningsperioden, till stor del beroende på en positiv utveckling för blåmussla (*Mytilus edulis*) och östersjömussla (*Macoma balthica*).

Inledning

Kärnkraftverket vid Oskarshamn är Sveriges äldsta i drift varande anläggning för kärnkraftsbaserad elproduktion. En första reaktor togs i full kommersiell drift 1972 och ytterligare två tillkom 1974 och 1985. Kraftverket ligger vid en öppen sträcka av den smäländska urbergskusten, cirka 20 km norr om Oskarshamn (figur 1). Annan miljöpåverkande verksamhet saknas i området. Anläggningen använder stora mängder havsvatten för kylning. Efter passagen av kraftverket återförs kylvattnet till havet via en skyddad havsvik, Hamnefjärden. De organismer som lever i denna vik upplever ett temperaturklimat som mera liknar förhållandena i Medelhavsområdet än de som är normala för Skandinavien.

Effekter av tillförseln av uppvärmt kylvatten på livet i havet har studerats genom omfattande kontrollundersökningar. Dessa föregicks av ett basprogram redan i början av 1960-talet. Vissa moment har därefter pågått oavbrutet, både i närområdet och inom ett referensområde, Kvädöfjärden, beläget i den norra delen av Tjusts skärgård. Undersökningarna hade till en början en stor ekologisk bredd. Resultaten från de första åren med drift av två reaktorer sammanfattades med en omfattande rapportering 1979 (Grimås och Neuman 1979; Neuman 1979). Studierna under 1980-talet omfattade bl a uppföljning av effekter av tillkomsten av den tredje reaktorn (Neuman och Andersson 1990). Undersökningarna till och med 1995 sammanfattades av Andersson *et al.* 1996.

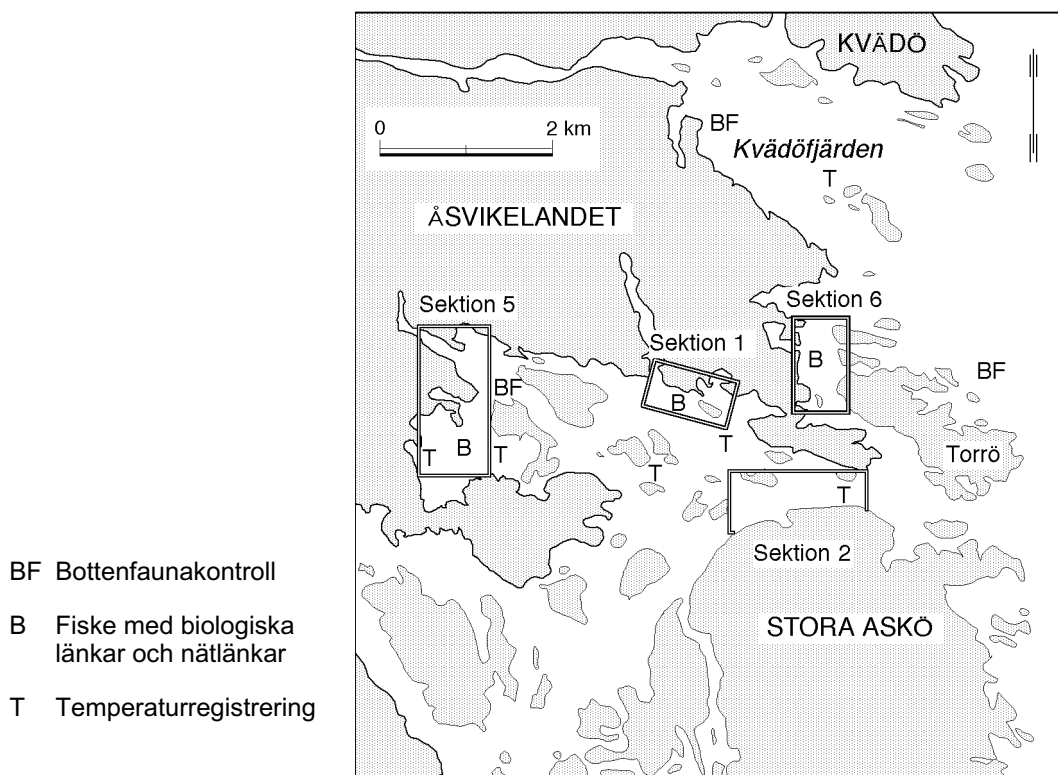
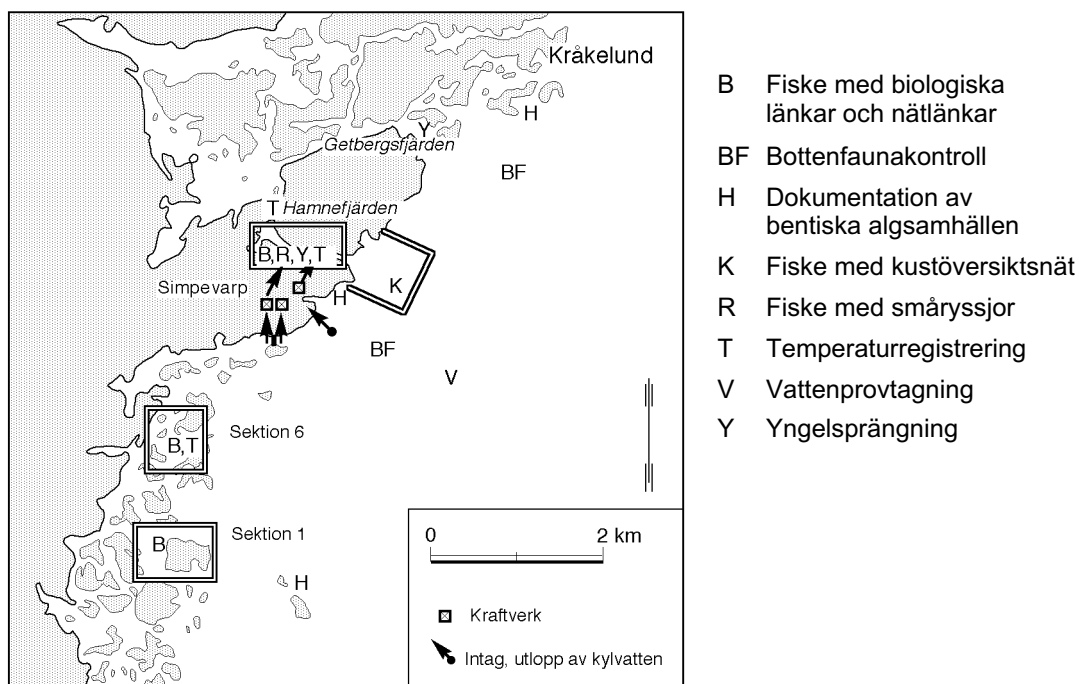
Ett långsiktigt kontrollprogram för övervakning av biologiska effekter i kylvattenrecipienten fastställdes av länsstyrelsen i Kalmar i december 1990. Programmets tyngdpunkt ligger på studier av fiskbestånden, men det omfattar även övervakning av mjukbottenfauna och algsamhällen på hårda bottenar samt viss vattenkemisk provtagning. Undersökning av mjukbotten-

faunan har pågått oförändrat i Simpevarp och Kvädöfjärden sedan starten i början av 1960-talet och utgör en obruten serie av unik längd. Undersökningar av algsamhället på hårbotten och vattenkemin ingår sedan 1993 i den samordnade kustrecipientkontrollen för Kalmar län och behandlas inte i denna rapport. Rapporter från dessa undersökningar produceras årligen och en större utvärdering genomfördes 2000 (Smith *et al.* 2000).

Sedan 1992 sker en årligen återkommande rapportering av verksamheten inom kontrollprogrammet med uppföljning och kommentarer av de resultat som erhållits. Programmet föreskriver dessutom en fördjupande utvärdering och rapportering vart femte år.

Kontrollprogrammets målsättning är att följa fisksamhällenas långsiktiga utveckling i närområdet och den omgivande skärgården och att ställa denna i relation till utvecklingen i referensområdet, Kvädöfjärden, med avsikten att denna jämförelse skall avslöja eventuella effekter på fisk av kraftverkets drift. Effekter kan ha sin grund både i förändringar av havsvattnets temperatur och i utslagning av fisk i kylvattenvägarna. Delvis som stöd för tolkning av provfiskeresultaten, men även som direkta effektstudier, genomförs analyser av produktionen av fiskyngel i recipienten och av tillväxt och årsklassdimensionering hos abborre. Övervakning av mjukbottenfauna och vegetation avser främst att dokumentera effekter på dessa delar av det berörda ekosystemet, men kan i teorin även bidra till tolkningar av förändringar hos fisksamhället.

Föreliggande rapport behandlar resultaten av undersökningarna under perioden fram till och med 2001 och är främst inriktad mot fiskbeståndens och bottenfaunans utveckling under den över fyrtio år långa undersökningsperioden.



Figur 1. Undersökningsområden vid Simpevarp och i referensområdet Kvädöfjärden.

Undersökningsområden

Simpevarp

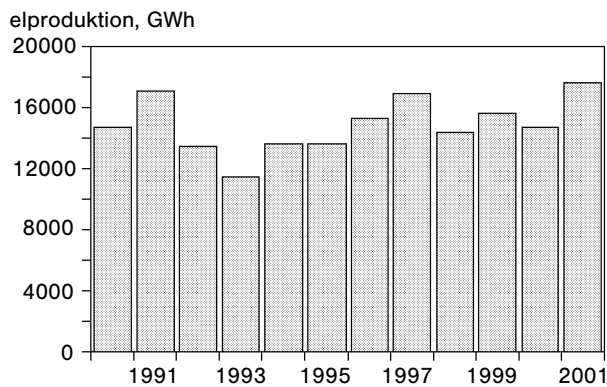
Kärnkraftverket vid Oskarshamn ligger vid ett öppet, klippigt och ganska grunt kustområde (figur 1). Salthalten är här ca 6–7‰. Strömmarna är i regel sydgående och minerogena bottnar dominerar i kustbandet. En bred zon med 10–12 meters vattendjup sträcker sig flera km ut från kusten. Topografin är heterogen med omfattande grundområden, uppbrutna av djupare rännor och bassänger. Mjukbottnar dominerar inne i den relativt smala och grunda skärgården.

Närrecipient för kraftverkets kylvattenutsläpp är den 0,17 km² stora Hamnefjärden samt området i anslutning till fjärdens mynning i havet. Djupet i fjärden är två till fem meter och botten består främst av mjukbotten med gyttja i de inre delarna. I fjärdens yttre delar har mjuka sediment till stor del spolats bort av de starka strömmarna. De tre blocken släpper tillsammans ut 100 m³ uppvärmt vatten per sekund vid full drift. Elproduktionen, vilken kan relateras till värmeutsläppen, har sedan 1990 varit i medeltal 14 896 GWh/år (figur 2). Under hösten 1992 stoppades driften av den äldsta reaktorn av säkerhetsskäl och kunde återupptas först vintern 1996 efter omfattande renoveringsarbeten. Driftstoppet motsvarade ett bortfall av en fjärdedel

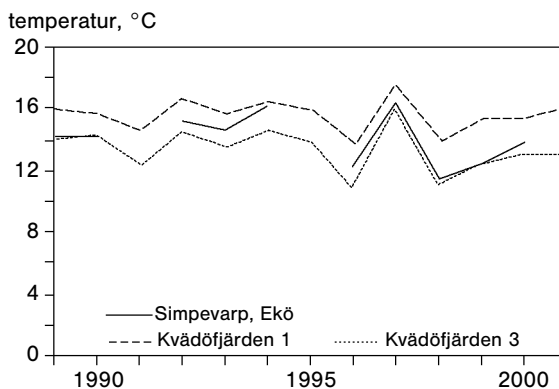
av den totala kylvattenvolymen.

Det utgående kylvattnets temperatur är 10–12 °C högre än bakgrundstemperaturen i havet och övertemperaturen i Hamnefjärdens centrala delar är 8–10 °C. Kylvatten lämnar Hamnefjärden genom en ca 50 meter bred mynning, Hamnehålet, och blandas snabbt upp med kustvattnet. Kylvattenplymens utbredning varierar med vindar och strömmar och området som någon gång påverkas av upp till 1 °C övertemperatur har en storlek av ca 15 km² (Wickström, 1990).

Skärgården söder om kraftverket kan karaktäriseras som fjärrecipient. Eftersom strömmen mestadels är sydgående kommer denna skärgård att ofta påverkas av det utgående vattnet från Hamnefjärden. Vid en jämförelse av vattentemperaturen i maj till augusti mellan en mätpunkt vid Ekö, ca 2 km söder om utsläppspunkten, och Kvädöfjärden följer temperaturerna varandra väl över den tretton år långa tidsserien (figur 3). På den inre mätsstationen i Kvädöfjärden låg temperaturen konstant över medeltemperaturen vid Ekö och på den yttre låg temperaturen något lägre eller lika. Detta tyder på att temperaturen påverkas mer av skärgårdens djup och slutenhet än av kylvattnet. Graden av



Figur 2. Bruttoproduktion av el från Oskarshamnsvverkens tre block 1990–2001.

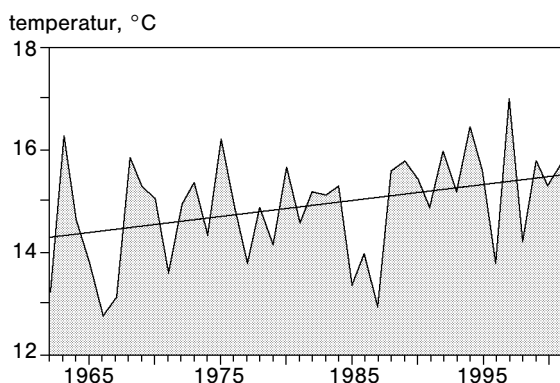


Figur 3. Viktat medelvärde av vattentemperaturen under maj till augusti på två meters djup vid Ekö söder om Simpevarp och för två lokaler i Kvädöfjärden.

exponering för det öppna havet utanför bedöms var relativt lika för Ekö och den yttre lokalen i Kvädöfjärden och man kan av figuren dra slutsatsen att kylvattnets påverkan på den förra lokalen har varit på sin höjd någon enstaka grad. Ytterligare information av vattnets fysik och kemi i området är bristfällig eller saknas. Storskaliga förändringar av vissa variabler behandlas separat vid beskrivningen av Kvädöfjärden nedan.

Kvädöfjärden

Kvädöfjärden har sedan 1962 använts som referensområde för kontrollundersökningar vid kärnkraftsanläggningarna vid Oskarshamn och för den tidigare planerade reaktorn vid Marviken på Bråvikens södra strand (figur 1). Sedan slutet av 1980-talet ingår området även som referensområde i det nationella marina miljöövervakningsprogrammet. Området ingår även i ett nätverk av kustreferensområden i Östersjön, COBRA (Coordination Of Baltic Reference Areas), som har presenterat årliga sammanställningar av provfiskeresultat från de berörda områdena (Ådjers *et al.* 2001). Kvädöfjärden ligger i Tjusts skärgård ca 100 km norr om Simpevarp. Undersökningarna har gjorts inom en area med utbredning ca 7 km från nord till syd och ungefär lika långt från öst till väst. Kvädöfjärden representerar en kustmiljö med mycket begränsad mänsklig påverkan. Befolkningen är liten och det närmsta samhället är Valdemarsvik, 25 km norrut, med ca 4000 invånare.

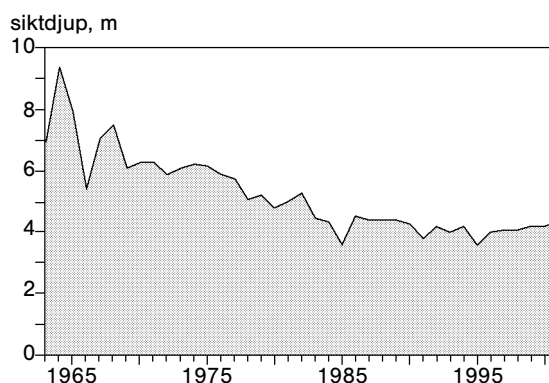


Figur 4. Medeltemperatur för maj–september i Kvädöfjärden.

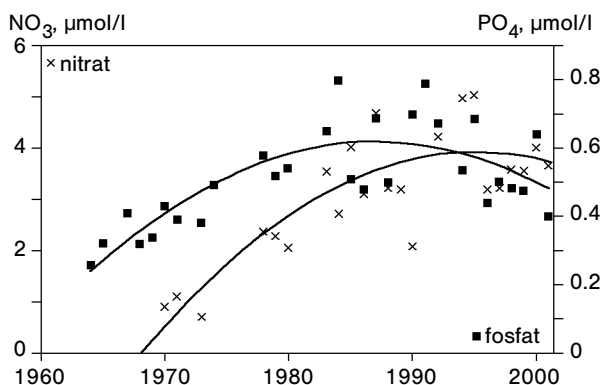
Graden av våg- och vindexponering är skiftande – från skyddade vikar i de inre delarna till de yttre skären som ligger öppet exponerade för havet. Vikar med djup ner till 30 meter penetrerar skärgården. Dessa sörjer för ett bra vattenutbyte även i de inre delarna och motverkar syrebrist i vatten och sediment. Mjuka bottenar dominerar, men hårbotten återfinns längs stränderna och i delar som är utsatta för vågor och strömmar.

Vattentemperaturen i Kvädöfjärden har dokumenterats med manuella mätningar sedan 1962 (figur 4). Medeltemperaturen för perioden maj–september 1962–2001 var 14,9 °C. Det kallaste året inföll 1966 då medeltemperaturen understeg 13 °C. Andra kalla år var 1967, 1971 och 1985–1987. En varm period inleddes 1988 och under perioden från och med detta år var medeltemperaturen 15 °C eller högre under elva av de fjorton åren. Den högsta temperaturen uppmättes 1997 med 17 °C. Temperaturen har under perioden varit signifikant stigande ($p=0,03$). Den genomsnittliga temperaturökningen var 0,3 grader på tio år.

Siktdjupet sjönk under 1970- och 1980-talet från 6–8 m till mindre än 5 m (figur 5). Det minskade siktdjupet sammanföll i tiden med stigande halter av fosfor och kväve i Östersjöns ytvatten (figur 6). Därefter har siktdjupet legat kvar på den låga nivån med små mellanårsvariationer, samtidigt som den stigande trenden för närsalter brutits.



Figur 5. Medelsiktdjup för maj–oktober i Kvädöfjärden.



Figur 6. Vinterhalter av fosfat och nitrat i ytvattnet på den nationella referenslokalen Norrköpingsdjupet (BY32). Medelvärden för mätningar under januari och februari.

Fisksamhällets långsiktiga utveckling

Studier av fiskesamhällets dynamik har genom åren haft en central ställning vid kontrollen av de svenska kärnkraftverkens miljöpåverkan. Ett av huvudskälen till detta förhållande är naturligtvis fiskars betydelse som föda för människan och risken att kraftverken kan tänkas inverka negativt på fiskares möjligheter att fånga och saluföra sin fisk. Att fisk ofta utnyttjas i miljöövervakningen beror på att den representerar höga trofiska nivåer i ekosystemet och därigenom kan förväntas integrera påverkan på lägre nivåer och att de på grund av sin storlek är lätta att fånga och hantera. Möjligheter att utföra studier på individnivå talar också för fisk som studieobjekt. Fiskar är dessutom rörliga och kan genom sina beteenden reagera mer på temperaturskillnader än flertalet andra organismer.

Fiskars reaktion på värme

Bland annat genom de mångåriga fiskstudier i kylvattenrecipienter, har man kunnat fastställa vilka temperaturintervall som erbjuder optimala fysiologiska förhållanden för olika arter. På detta sätt har fiskarna kunnat indelas i varm- och kallvattenarter (Neuman 1983). Den förra kategorin finner optimala temperaturer nära eller över 20 °C, medan den senare undviker temperaturer över 10–15 °C. Av detta följer att det uppvärmda vattnet i kylvattenutsläppen kan förväntas attrahera varmvattenarter under alla årstider och kallvattenarter under årets kalla delar. Hamnefjärden hyser ett utpräglat varmvattensamhälle med abborre och mört som dominerar under alla årstider och med ett produktivt bestånd av ål (Neuman och Andersson 1990, Andersson *et al.* 1996).

När det omgivande vattnets temperatur är låg anlockas även kallvattenarter till kylvattenutsläppet. En påtaglig koncentration av strömning från december till maj på våren utgör det mest påtagliga exemplet och strömningen har tidvis även invaderat Hamnefjärden och lockats att leka vid temperaturer som egentligen är för höga och på substrat som är olämpliga (Andersson och Karås 1990). Leken har på så vis varit tillspillogiven för strömningen, men äggen har i hög grad utnyttjats som föda av fjärdens varmvattenarter. Den stora koncentrationen av strömning har även medfört en sekundär anlockning av kallvattenarter som normalt utnyttjar strömningen och dess ägg som föda, i första hand sik och torsk. Dessa arter vandrar dock bara undantagsvis in i den varma Hamnefjärden.

Rekrytering och beståndsutveckling

Den årliga produktionen av fiskyngel, rekryteringen, ligger till grund för det aktuella beståndets storlek och utveckling över tiden. Vattentemperaturen har visats ha en avgörande betydelse för rekryteringen av abborre i Östersjöns kustområden (Karås 1987). Kylvattenpåverkan på yngelproduktion kan således förväntas, i första hand i det mest påverkade rekryteringsområdet i Hamnefjärden. En positiv effekt på tillväxten hos årsyngel har också konstaterats, men före denna utvärdering saknas indikationer på att produktionen i Hamnefjärden haft någon avgörande inverkan på beståndsutvecklingen i närområdet.

Metoder

Undersökningsrutinerna för provfiske har utvecklats under den fyrtyo år långa undersökningsperioden och olika moment har tillkommit eller fallit bort. Metoder och förändringar finns dokumenterade i Kustlaboratoriets handböcker (Thoresson 1992, Thoresson 1996a och b). I närrecipienten studeras beståndsutvecklingen för där förekommande arter genom provfisken med

biologiska länkar och ålryssjor. Med biologisk länk avses en kombination av nät med olika maskstorlekar sammansatta i länkar. Näten har maskstorlekar från 21,5 till 60 mm, uttryckt som avståndet mellan knutarna i nätet. Varje länk i Hamnefjärden består av tre nät, men sammansättningen av maskstorlekar varierar mellan länkarna. Sammansättning och fiskeplats är dock identiska vid alla fisketillfällen. Provfisket omfattar sju tillfällen under perioden mars-juni och sex tillfällen under den senare delen av augusti. Provfisken med ålryssjor genomförs på fyra fasta lokaler i Hamnefjärden, kontinuerligt under perioden mars-juni. Täthet av årsyngel i Hamnefjärden dokumenteras varje höst genom användning av undervattensdetonationer. Sprängningar genomförs på tio fasta stationer och upprepas vid två till tre tillfällen.

I anslutning till Hamnefjärdens mynning följs förekomsten av i första hand kallvattenarter genom fisken med kustöversiktsnät under våren. Ett kustöversiktsnät är 35 m långt och uppbyggt av fem lika långa paneler med olika maskstorlekar (17–50 mm). Fiskena genomförs numera vid sex tillfällen fördelade över perioden april-maj. Fiskeplatserna hålls konstanta, men nätens höjd är olika på olika platser med den ursprungliga avsikten att hela vattenmassan från yta till botten skall vara representerad. Ett avsteg från denna ansats gjordes vid en omläggning av fisket 1989, då näthöjden på en lokal reducerades från 7,5 till 2,5 m.

I skärgården söder om kraftverket följs beståndsutvecklingen av varmvattenarter sedan 1987 genom provfiske med nätlänkar under sommaren. Med nätlänk avses en kombination av nät med maskstorlekarna 17 – 21,5 – 25 och 30 mm. Ett provfiskat delområde (sektion) består av sex fasta stationer, där varje station motsvarar en identisk nätlänk enligt ovan. Varje station fiskas vid sex tillfällen under högsommaren. De nät som används är av samma typ som i de biologiska länkarna. Fram till och med 1988 skedde fisket med biologiska länkar på fyra lokaler vid fem olika tillfällen under sommarhalvåret. Vid en omläggning av fiskerutinerna 1989 bibehölls fiske på en av dessa lokaler, vid Berkeskär, ca 5 km söder om kraftverket, under augusti månad. Parallella undersökningar görs i Kvädöfjärden.

Omläggningen av provfiskerutinerna under 1980-talets senare del hade sin grund i de resultat som uppnåts hittills och avsåg en koncentration av insatsen mot de mest vanliga arterna och storlekarna i det lokala fisksamhället och till den del av året då dessa var bäst representerade i fångsten. En annan avsikt var att bättre täcka in mellanårsvariationer för rekryteringen av de olika arterna till fisket.

Abborre insamlas årligen i alla områden för beräkning av tillväxt, årsklasstyrka och dödlighet. Dessa faktorer jämföres för områden med olika påverkansgrad.

Varmvattenarter

Beståndsutveckling i närrecipienten

Provfisket i Hamnefjärden har som viktigaste målsättning att följa anlockningen av fisk till det mest temperaturpåverkade området, där effekter på lek, tillväxt och andra fysiologiska funktioner som fortplantning kan förväntas. Beroende på Hamnefjärdens begränsade yta är det svårt för större lokala bestånd att etablera sig. Rekrytering av bestånd som använder fjärden för lek kan dock ske. Resultatet av denna följs i den årliga yngelkontrollen.

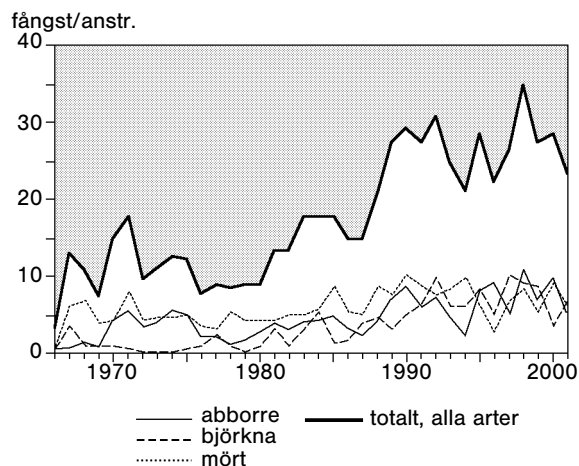
Fiske med biologiska länkar i Hamnefjärden 1966–2001

Över 135 000 fiskar har sammanlagt fångats under alla år och årstider. Av dessa fångades ca 100 000 under vår och sommarperioderna. De största fångsterna, ca 60%, gjordes under våren. Den totala artlistan omfattar 31 arter, varav 28 fångats på våren och 23 under sensommaren. Abborre, mört och björkna har genomgående dominerat fångsten, följda av gers och sarv. Dessa fem arter har svarat för i genomsnitt över 90% av fångsten, både vår och sommar.

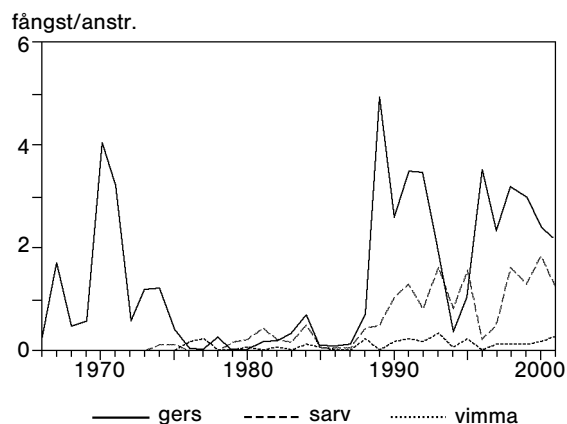
Fångsten per ansträngning varierade måttligt för de tre domineranterna under de första femton åren (figur 7). Inga tydliga effekter kunde konstateras på dessa arter i samband med tillkomsten av kylvatten från de två första blocken under den första

hälften av 1970-talet. Antalet per ansträngning steg under 1980-talet för alla tre domineranterna och fångsten har därefter legat kvar på en högre nivå. Den mest uppenbara förändringen framstår för den sammanlagda fångsten av alla arter. Den var i storleksordningen dubbelt så stor eller mera under 1980- och 1990-talen än dessförinnan.

Stora fluktuationer hos förekomsten av gers har förekommit över tiden (figur 8). Gersen gick tillbaka kraftigt i samband med tillkomsten av kylvattentillförseln 1972, sannolikt beroende på att dess invandring till fjärden hindrades av den



Figur 7. Fångst per ansträngning i fisket med biologiska länkar i Hamnefjärden 1966–2001, för dominerande arter och totalt (våren).

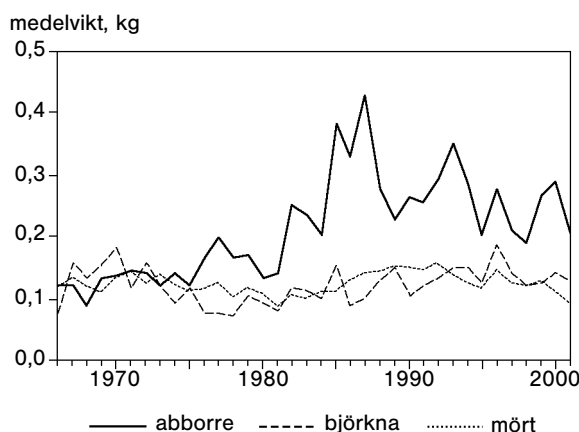


Figur 8. Fångst per ansträngning i fisket med biologiska länkar i Hamnefjärden 1966–2001, för gers, vimma och sarv (våren).

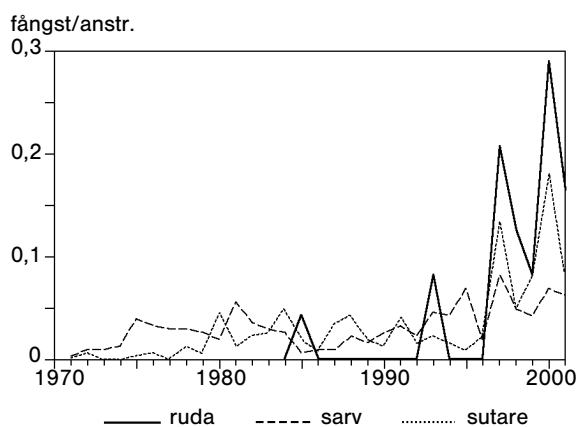
starka temperaturgradienten i Hamnehålet (Neuman 1979). De mycket små fångsterna under 1980-talet sammanfaller med mycket höga tätheter av torsk vid kusten utanför Hamnefjärden och ett samband kan inte uteslutas. Tätheten av gers i Hamnefjärden ökade snabbt efter den kalla perioden 1985–1987 och har därefter legat på en historiskt hög nivå.

Vimma och sarv bokfördes inte före 1972. Vimman har hela tiden hållit sig på en jämn låg nivå medan sarven fångades mer än tre gånger oftare under 90-talet än under 80-talet (figur 8).

Fångstökningen i Hamnefjärden blir ännu tydligare om den uttrycks i vikt. Detta är en följd av stigande medelvikter för i första hand abborre (figur 9). Den



Figur 9. Medelvikter (kg) för abborre, björkna och mört i Hamnefjärden 1966–2001 (våren).



Figur 10. Fångst av ruda, sarv och sutare under hela året i Hamnefjärden. Andel av totala fångsten för respektive art under hela perioden.

ökade medelvikten i Hamnefjärden har visats vara en effekt av en kraftigt förbättrad tillväxt till följd av att vattnet har blivit varmare (Neuman och Andersson 1990). För de båda övriga dominanterna, björkna och mört, finns ingen långsiktig trend för medelvikten i fångsten. Under den senaste tioårsperioden finns en tendens till minskande medelvikter för abborre och mört.

Under 1990-talet observerades en tilltagande igenväxning i Hamnefjärdens inre delar. Under i synnerhet soliga somrar har växtligheten varit så riklig att den tidvis stort provfiskets bedrivande. Någon vetenskaplig dokumentation av växternas utveckling har inte gjorts. De dominerande grupperna har dock varit slingor (*Myriophyllum spp*), borstnate (*Potamogeton pectinatus*) och najas (*Najas marina*). Den senare har under de senaste åren blivit alltmer dominerande. De nämnda växterna är alla relativt högväxande och kan fylla upp hela vattenvolymen över botten grundare än ca 3 m, upp till någon meter eller mindre under ytan. I samband med soligt väder kan växtmattorna lyftas från botten av den syrgas som bildas av vegetationen. Detta får till följd att stora delar av ytan täcks av flytande växtmaterial, vilket avsevärt försvårar fisket. Rensningar genomfördes före sommarfiskena 1999 och 2001. Utvecklingen tycks ha gynnat fiskarter som förknippas med vegetationsrika vatten, som ruda, sutare och sarv. Dessa arter ökade markant i Hamnefjärden under 1990-talet (figur 10).

Fiske med småryssjor i Hamnefjärden 1982–2001

Ålen räknas in bland de arter som har höga optimumtemperaturer för aktivitet och tillväxt och som av den anledningen kan förväntas anlockas till och växa snabbt i kylvattenrecipienter. Anlockningen till Hamnefjärden har sannolikt varit relativt måttlig, eftersom provfisket med småryssjor under de första åren med drift gav måttliga gulålsfångster (figur 11). Tillväxten har visats vara betydligt snabbare i Hamnefjärden än i omgivande områden (Andersson *et al*, 1990). Då recipienterna kan ha högt värde som uppväxtområden

för gulål, föddes tanken att utnyttja dessa som utsättningsplatser. De första försöken i Hamnefjärden inleddes 1982 och därefter har utsättningar av ålyngel gjorts 1984 och 1989. Vid den senare, som var störst, utsattes femtiotusen försträckta ålyngel. Utsättningarna har givit förväntat resultat och har påverkat provfiskefångsterna i positiv riktning. Uppgången 1988 (figur 11) sammanföll visserligen med en omläggning av rutiner, men kompletterande undersökningar (Andersson *et al.*, 1990) har visat att utsatta ålar utgjorde en stor andel av fångsten. De kraftigt ökade fångsterna fr o m 1995 beror med stor sannolikhet på ett genomslag för utsättningen 1989, även om detta ännu inte har kunnat fastställas med säkerhet. Fångsterna avtog succesivt efter rekordåren 1995–1996 och låg under de senaste åren på en nivå som var obetydligt högre än den före uppgången.

Beståndsutveckling i fjärre recipient och referens

Dessa undersökningar avses spegla i första hand långsiktiga förändringar i bestånden i fjärre recipienten som skulle kunna orsakas av kylvattnets påverkan på rekryteringssområden och fiskens födounderslag.

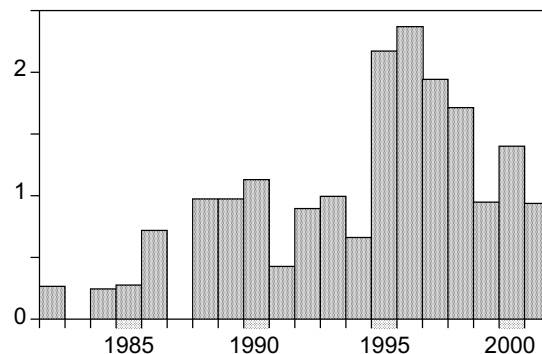
Fiske med biologiska länkar i Simpevarp och Kvädöfjärden 1962–2001

Abborre, mört och björkna har genomgående dominerat antalsmässigt i fångsterna på de stationer som följts sedan 1962. Antalet fångade arter har varierat mellan sex och elva årligen utan tidstrender. Totalt över åren har 25 arter fångats.

Fångsten av abborre har utvecklats positivt i både Simpevarp och Kvädöfjärden, med en mycket kraftig uppgång under 1990-talet, i synnerhet i det förra området (figur 12).

Utvecklingen för mört var mer varierad mellan åren och mellan områdena (figur 12). Mörten ökade i Kvädöfjärden under perioden fram till början av 1990-talet, varefter utvecklingen varit negativ. En markerad nedgång för fångsterna inträffade i samband med den kalla perioden efter mitten av 1980-talet. I Simpevarp ser man två

antal/station och natt

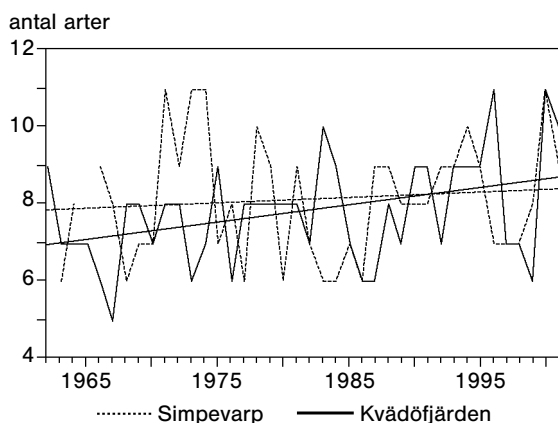
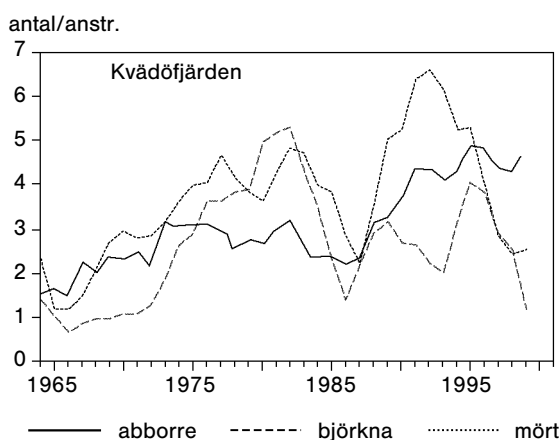
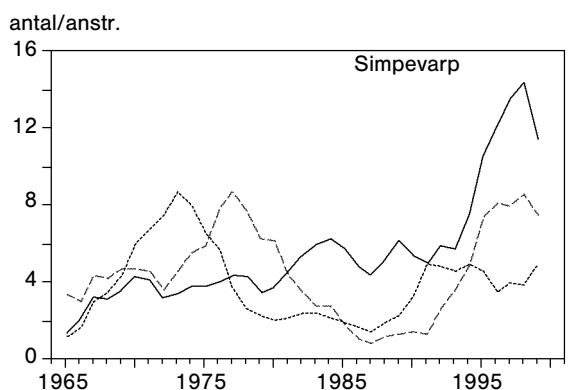


Figur 11. Fångst av gulål med småryssjor i Hamnefjärden under perioden mars–juni åren 1982–2001. Uppehåll i fisket gjordes 1983 och 1987. Observera att förändrad fiskemetodik mellan 1986 och 1998 innebär att viss försiktighet måste iaktas vid en jämförelse av perioderna före och efter förändringen.

större toppar, en på sjuttioalet och en under senare år. Några signifikanta trender i dessa tidsserier har inte kunnat bekräftas för något av områdena.

I fjärre recipienten i Simpevarp inträffade en betydande nivåsenkning för björkna fr o m slutet av 1970-talet (figur 12). Fångsterna vände åter uppåt under de varma somrarna 1994 och 1995 och den genomsnittliga nivån efter mitten av 1990-talet var hög och motsvarade toppen i mitten av 1970-talet. Utvecklingen i Kvädöfjärden var starkt positiv fram till och med tidigt 1980-tal, men denna utveckling bröts av den kalla perioden 1985–1987 och därefter har fångsten legat på en lägre nivå.

En tänkbar förklaring till uppgången av abborre under hela perioden från 1960-talet är att vattentemperaturen stigit. Abborrens beståndsutveckling gynnas generellt av höga vattentemperaturer och temperaturen har dessutom en betydande inverkan på rörelseaktiviteten och därmed fångstbarheten. Ett positivt samband finns mellan vattnets medeltemperatur under sommaren och fångsterna av abborre i Kvädöfjärden, med en förklaringsgrad av 24% ($p=0,001$). I övrigt har inga signifikanta samband kunnat beläggas. Vid utvärderingen av resultaten av undersökningarna vid Simpevarp till och med 1995 (Andersson *et al.* 1996) var temperatursambanden signifikanta för abborre även i Simpevarp och för mört i Kvädöfjärden. Att dessa samband inte längre är signifikanta kan tolkas som att andra reglerande faktorer ökat i betydelse vid de historiskt sett höga vattentemperaturer som rått efter 1997.



Figur 12. Antal per ansträngning i fisket med biologiska länkar i Simpevarp 1963–2001, Kvädöfjärden 1962–2001 (glidande 5-årsmedelvärden för fångst) samt antal arter i fångsten.

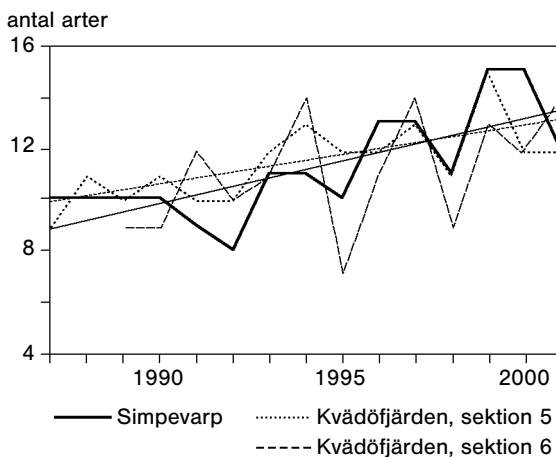
Figur 13. Antal arter i fångsten med nätlänkar i Simpevarp och Kvädöfjärden 1987–2001.

Fiske med nätlänkar i Simpevarp och Kvädöfjärden 1987–2001

De vanligaste fiskarterna i fisket på de stationer som undersökts med reviderad provfiskemetodik sedan 1987 var abborre, mört, björkna, gers och sarv. Dessa arter svarade för 98–99% av antalet i den totala fångsten på de tre lokalerna för hela undersökningsperioden. Gös har ännu inte fångats i Simpevarp.

I Kvädöfjärden har den däremot blivit vanligare under 1990-talet. Artantalet var i genomsnitt elva per år både för Kvädöfjärden och Simpevarp. En klar tendens till ökande artantal förelåg i båda områdena (figur 13). Totalt över åren observerades 25 arter. På den inre lokalen i Kvädöfjärden (sektion 5) och i Simpevarp dominerade mört procentuellt under perioden med andelar på 39 respektive 46% av den totala fångsten. Abborren dominerade på den yttre lokalen i Kvädöfjärden (sektion 6) med 47% av fångsten under åren 1989–2001. Abborrens andel på de båda andra lokalerna var 29–31%.

Abborren har utvecklats likartat på de tre undersökta lokalerna under tidsperioden (figur 14), i synnerhet vid en jämförelse mellan lokalen vid Simpevarp och den yttre lokalen i Kvädöfjärden. Mellanårsvariationerna för dessa båda lokaler var signifikant korrelerade till vattentemperaturen vid fisket ($R^2 = 0,41$ resp $0,59$), medan temperaturens påverkan på fångsten var mindre uttalad för den inre lokalen i Kvädöfjärden. Utvecklingen för fångsten saknar signifikanta trender.



Björkna uppvisar större mellanårsvariation i Simpevarp än i Kvädöfjärden och visar tre tydliga toppar under 1990-talet som alla inföll under varma somrar (figur 14). Följaktligen fanns ett positivt samband mellan fångst och temperatur vid fisket ($R^2=0,43$) vid Simpevarp. Sambandet med vattentemperaturen var svagare eller saknades i Kvädöfjärden. Den mycket stora fångsten i Simpevarp 1997 dominerades av unga fiskar och saknade motsvarighet i Kvädöfjärden.

För mörtens sågs en nedgång av fångsterna från mitten av 1990-talet i alla tre områdena, mest uttalad i Kvädöfjärden (figur 14). Därefter inträffade en viss återhämtning. Nedgången i Kvädöfjärden skedde parallellt för flera storleksklasser, vilket indikerar att den inte enbart kan förklaras av vikande rekrytering.

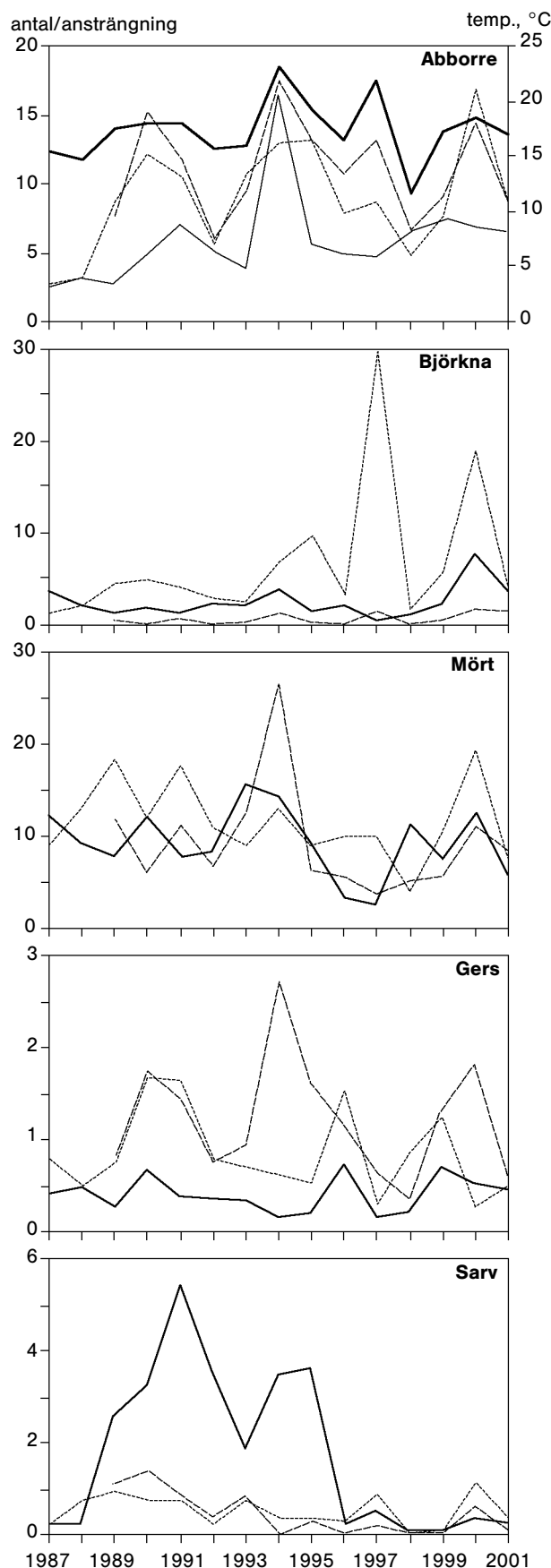
För gers finns ett starkare samband mellan Simpevarp och Kvädöfjärden sektion 5, än mellan de två sektionerna i Kvädöfjärden ($R^2=0,37$) (figur 14). Ett positivt samband med vattentemperaturen förelåg för den yttre lokalen i Kvädöfjärden ($R^2=0,34$).

De största fångsterna av sarv erhöles fram tom 1995 på den inre lokalen i Kvädöfjärden. Därefter minskade fångsterna markant i båda delområdena i Kvädöfjärden. Denna utveckling saknade motsvarighet på Simpevarpslokalen, vars utveckling i början av undersökningsperioden var mycket likartad den för den yttre lokalen i Kvädöfjärden (figur 14).

Förekomsten av gädda var relativt stabil i Kvädöfjärden, med högst tätheter på den inre lokalen. I Simpevarp var fångsterna små under den senare delen av 1990-talet, varefter de åter steg under de båda senaste åren. Gös fångades för första gången i fångsten 1992 i Kvädöfjärdens inre sektion och sedan dess har den återkommit årligen.

Figur 14. Antal per ansträngning för abborre(a), björkna (b), mört(c), gers (d) och sarv (e) i fisket med nätlänkar i Simpevarp 1987–2001.

- Kvädöfjärden, sektion 5
- - - - - Kvädöfjärden, sektion 6
- Simpevarp, sektion 6
- Temperatur, Kvädöfjärden, sektion 5



Att fångsterna varierat på ett likartat sätt i Simpevarp och Kvädöfjärden kan tas som en stark indikation på att beståndsutvecklingen för de vanligaste arterna i fjärrrecipienten främst styrs av naturliga faktorer, åtminstone vad gäller rekryteringen av de unga fiskar som utgör en dominerande andel av fångsten i detta fiske. Variationer i vattentemperatur vid fisketillfället bidrog starkt till förklaring av mellanårsvariationer för främst abborre och björkna, men även för gers i Kvädöfjärden. De hittills oförklarade nedgångarna för sarv i Kvädöfjärden under 1990-talet saknade motsvarighet i Simpevarp. En jämförelse mellan tidsserierna med biologiska länkar och nätlänkar antyder att de mellanårsvariationer som observerats i den senare serien har skett då bestånden legat på en hög historisk nivå, i synnerhet för abborren.

Abborrens årsklasstyrka

Abborrens årsklasstyrka följs i samtliga områden. Årsklassernas storlek är ett mått på i vilken grad fortplantningen varit framgångsrik och årsklassmättet kan således användas som ett mått på eventuell påverkan på föräldradjuren eller på tidiga livsstadier.

Metodik

Abborrens relativa årsklasstyrka har beräknats enligt en metod rekommenderad av Svärdson (1961) och modifierad av Neuman (1974). Andelen för en årsklass i fångsten ett enskilt år relateras till medelvärdet för motsvarande åldersgrupp under en följd av år. Härigenom erhålls ett relativt mått på representationen för en årsklass för varje år den aktuella årsklassen förekommer i fångsten. Relativ årsklasstyrka avser ett medelvärde av årklassens representation under en följd av fångstår. En brist med denna metod är att den riskerar överskatta årsklasstyrkan under en längre period med svag rekrytering och vice versa.

En alternativ metod är att utgå från fångst per fiskeansträngning (CPUE) och, på samma sätt som med Svärdsons metod,

sätta denna i relation till genomsnittlig fångst under aktuell tidsperiod. Denna metod tar inte hänsyn till variationer för fiskens fångstbarhet, exempelvis orsakade av skillnader i vattentemperatur. I analysen som presenteras nedan har båda metoderna använts.

Årsklasstyrka kan även mätas direkt genom dokumentation av yngeltäthet. Ett mått på yngeltäthet insamlas årligen i Hamnefjärden vid slutet av första tillväxtsäsongen. Den metod som tillämpas är undervattensdetonationer av mindre sprängladdningar. Data om yngeltäthet saknas från andra områden.

Abborrens årsklasstyrka i Simpevarp och Kvädöfjärden 1985–1997

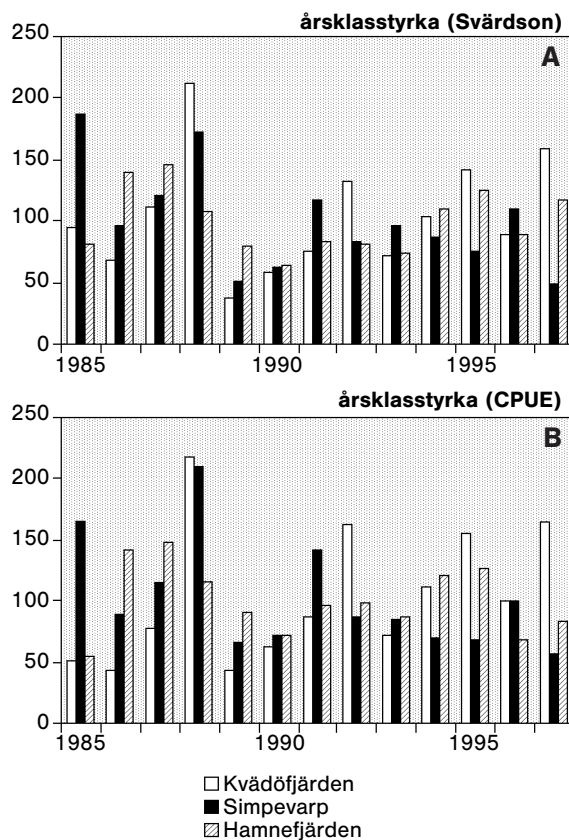
Årsklasstyrkorna i Hamnefjärden, skärgården söder om Simpevarp och Kvädöfjärden beräknades för åldrarna 2–6 år och för de årsklasser som varit representerade i fångsten under minst tre år. Årsklassen från 1985 representeras således av åldrarna 4–6 år och den från 1997 av åldrarna 2–4 år. De båda beräkningsmetoderna ger likartade resultat. Det finns dock tydliga skillnader mellan områdena. Mellanårsvariationen var störst i referensområdet och minst i Hamnefjärden. I Kvädöfjärden urskiljer sig fyra starka årsklasser: de födda 1988, 1992, 1995 och 1997. Dessa årsklasser producerades alla under år med förhållandevis höga vattentemperaturer under sommaren. Årsklasserna från de kalla åren före 1988 var svaga då beräkningen grundade sig på fångst per fiskeansträngning, men gav förhållandevis starka index enligt Svärdsons metod. Denna skillnad hänförs till sannolikt till den svaghet med beräkningsmetoden som berörs ovan. Däremot erhöles relativt starka årklassindex för samma period för Hamnefjärden och Simpevarp, oavsett beräkningsmetod. Årsklassen från det mycket kalla 1985 var en av de starkaste som uppmätts i Simpevarp och de från 1986 och 1987 var de starkaste under hela perioden i Hamnefjärden enligt båda metoderna (se figur 15). Även årsklassen från 1991 var relativt stark och motsvarades av förhållandevis hög yngeltäthet i Hamnefjärden. Yngeltätheten i

Hamnefjärden 1985–1997 förklarade 40% av variationen i årsklasstyrka i skärgården söder om Simpevarp (figur 16).

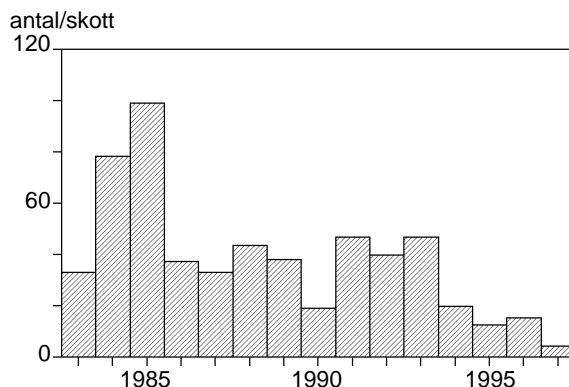
Mellanårsvariationen för årsklasstyrkan i Hamnefjärden var mindre än i de båda andra områdena. De starkaste årsklasserna enligt båda beräkningsmetoderna föddes 1986 och 1987. Några samband med tätheten av årsyngel i fjärden kunde inte visas. För de åtta årsklasser som representeras i Hamnefjärden under 1990-talet fanns dock ett relativt starkt linjärt och positivt samband med utvecklingen i Kvädöfjärden, i synnerhet enligt Svårdsons beräkningsmetod ($R^2=0,63$).

Ett positivt samband mellan årsklassdimensionering och vattentemperaturen under den första tillväxtsången har dokumenterats för svenska kustvatten (Karås 1987). Även andra faktorer, t ex hastiga temperaturfall under ägg- och larvutvecklingsperioden, kan påverka rekryteringsutfallet. Ett positivt, men icke signifikant, samband förelåg mellan ytvattens medeltemperatur under sommarhalvåret och årsklasstyrka baserad på CPUE för Kvädöfjärden (linjär regression, $R^2=0,27$). Ytvattentemperaturen förklarade således 27% av mellanårsvariationen för årsklasstyrkan i Kvädöfjärden. I skärgården söder om Simpevarp var förhållandet mellan årsklasstyrka och vattentemperatur signifikant negativt, med en förklaringsgrad av 36%. För Hamnefjärden fanns inga tydliga samband.

Vattentemperaturdata i jämförelsen hade dock hämtats från Kvädöfjärden, där mätserien är längre och har färre luckor än i Simpevarp. Sambandet mellan temperaturen i de båda områdena var dock stark under de år mätningarna sammanföll. Ett negativt samband mellan årsklasstyrka och vattentemperatur är i strid med rådande förklaringsmodell. En tänkbar förklaring är att mängden årsyngel som vandrar ut från Hamnefjärden verkligen har en signifikant betydelse för årsklasstyrkan i omgivande skärgårdar och att rekryteringen i fjärden t o m kan gynnas av lägre bakgrundstemperaturer i havet utanför. Undersökningarna av skadeförekomst på abborrens könsorgan indikerade, att Hamnefjärden vissa år kan bli alltför varm för en optimal rekrytering av abborre. Denna teori stöds av de observationer som



Figur 15. Årsklasstyrka i Hamnefjärden, skärgården söder om Simpevarp och Kvädöfjärden, beräknade enligt Svårdson (a) och utgående från fångst per fiskeansträngning (b) för åldersgrupperna 2 till 6 år. På y-axel anges avvikelse från medelvärde för perioden 1985–1997 (=100).



Figur 16. Täthet av årsyngel av abborre från sprängundersökningar i Hamnefjärden 1983–1997.

gjorts av skador på fortplantningsorganen (se avsnitt Temperatureffekter på fiskars fortplantning) och av det samband som föreligger mellan yngeltätheten i Hamnefjärden och årsklasstyrkan i näraliggande skärgårdar.

Sambanden mellan årsklasstyrka i Kvädöfjärden, Simpevarp och Hamnefjärden skiljer sig väsentligt från de som redovisades i föregående femårsrapport (Andersson *et al.* 1996). Utvärderingen baserades då på årsklasserna 1967–1989 och samvariationen mellan såväl Kvädöfjärden och Simpevarp som mellan Simpevarp och Hamnefjärden var då signifikant positiva. Det negativa sambandet mellan vattentemperatur och årsklasstyrka som observerades för Simpevarp 1985–1997 är sannolikt en effekt av en högre bakgrundstemperatur i havet.

Abborrens tillväxt

Tillväxthastigheten hos växelvarma djur som fiskar påverkas av fysiska och kemiska förutsättningar i livsmiljön. Hur denna påverkan uttrycks beror av hur den enskilda individen är anpassad till rådande förutsättningar. Temperaturen är sannolikt den enskilt viktigaste reglerande faktorn för tillväxt i tempererade områden och olika arter har anpassats fysiologiskt till olika temperaturregimer. Abborren räknas till de arter som växer snabbast vid förhållandevis höga vattentemperaturer och lever i Östersjön under större delen av sin livscykel vid temperaturer som är lägre än de som är optimala för tillväxt. Tillförsel av värme från ett kärnkraftverk skall enligt detta resonemang ha en positiv effekt på abborrens tillväxt.

Metodik

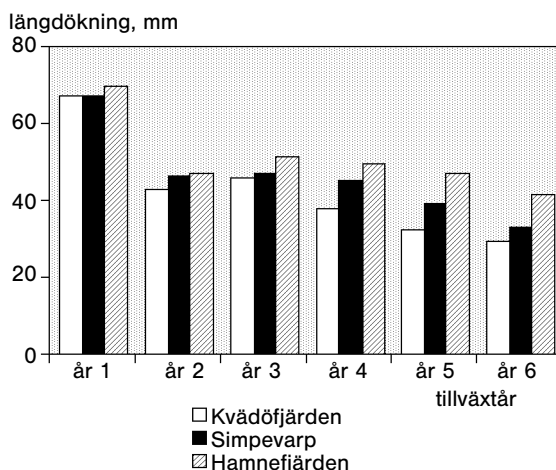
I samband med provfiskena i Kvädöfjärden och Simpevarp tas åldersprov på ett urval av de fångade abborrhonorna (metodik se Thoesson 1996). Vid åldersbestämningen tillbakaräknas även varje provtagen individs årliga längdtillväxt enligt Agnedal (1968). En abborre som fångades 1997 och var 13 år gammal ger alltså upphov till 13

tillväxtvärden från åren 1984 till 1996. Under åren 1989 till 2001 har prov tagits på ca 2400 abborrar i Hamnefjärden, och gett ca 10000 tillväxtnoteringar. För provfiskena i skärgården söder om Simpevarp finns det från åren 1989–2001 ca 12600 tillväxtnoteringar och Kvädöfjärden bidrar med ca 7800 st.

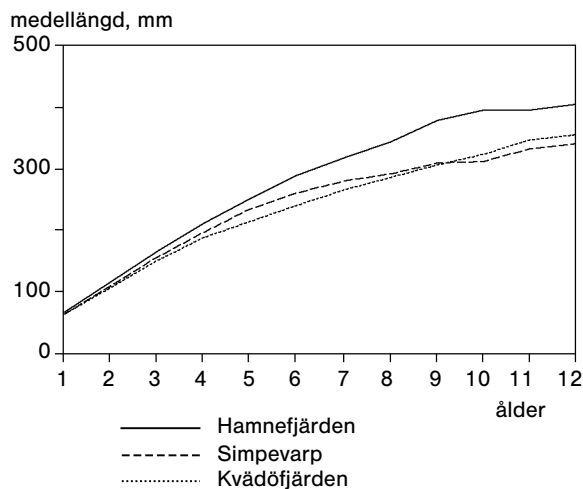
Abborrens tillväxt i Simpevarp och Kvädöfjärden 1980–2001

Figur 17 visar den genomsnittliga längdökningen för de första sex tillväxtsåsongerna för abborrhonor från Kvädöfjärden, skärgården söder om Simpevarp och Hamnefjärden, baserad på hela provtagningen åren 1989–2001. Jämfört med de övriga områdena var längdökningen störst för alla sex tillväxtsåsongerna i Hamnefjärden. När Simpevarp jämfördes med referensområdet Kvädöfjärden låg längdökningen under den första tillväxtsåsongen på samma nivå, för att sedan under år 2–6 stiga till en nivå mellan Kvädöfjärden och Hamnefjärden.

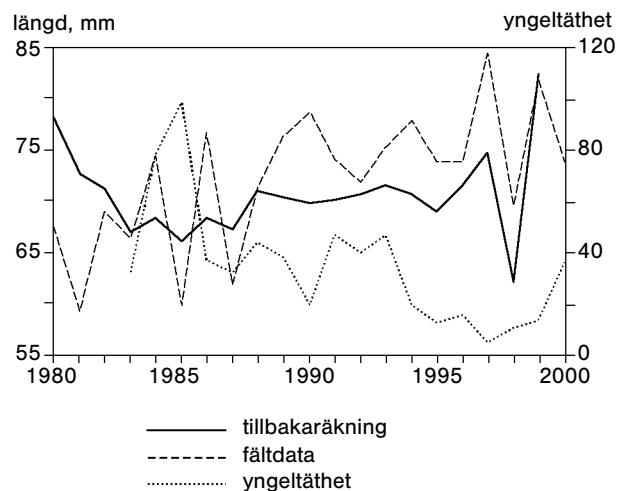
Tillväxtkurvorna (figur 18), illustrerar hur skillnaderna i medellängd mellan områdena ökar med åldern. Efter fem år hade en abborre i Hamnefjärden nått en längd av ca 25 cm, motsvarande en totalvikt av 200 g. Motsvarande värden för Kvädöfjärden uppgick till 21,5 cm respektive ca 130 g. Abborrarna i skärgården söder



Figur 17. Genomsnittlig längdökning i mm under de första sex tillväxtsåsongerna hos abborrhonor från Kvädöfjärden, skärgården söder om Simpevarp samt i närrecipienten i Hamnefjärden vid Simpevarp. Längdökningen för varje tillväxtsåsong baseras på alla tillväxtnoteringar fångstären 1989–2000.



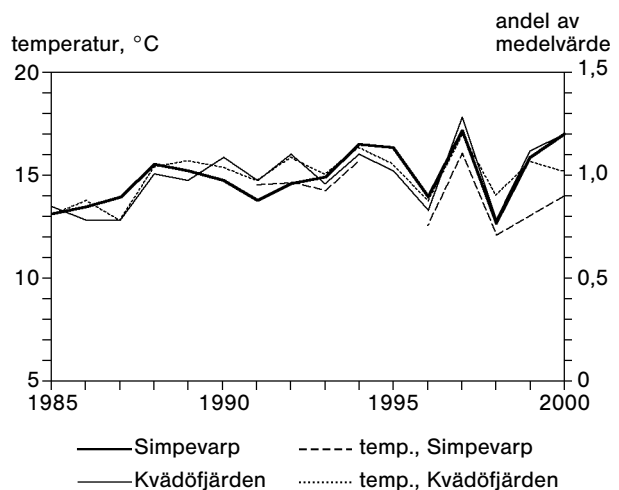
Figur 18. Abborrens genomsnittliga tillväxt i Hamnefjärden, skärgården söder om Simpevarp och i Kvädöfjärden, baserad på tillväxtdata från fångstären 1989–2001.



Figur 19. Abborrens medellängd efter första tillväxtåret i Hamnefjärden, tillbakaräknad vid åldersanalys och uppmätt i fält, samt yngeltäthet i Hamnefjärden 1980–2000.

om Simpevarp intog en mellanställning. En tioårig abborre i Hamnefjärden hade växt till ca 40 cm och vägde ca 900 g. Den var därmed dubbelt så tung som en jämnårig abborre i Kvädöfjärden. Skillnaden mellan skärgården söder om Simpevarp och Kvädöfjärden utjämnades från ca åtta års ålder. En möjlig förklaring till den med ålder utjämnade skillnaden mellan Simpevarp och Kvädöfjärden är att större abborrar rör sig över större avstånd och att invandrande fisk därmed kan tänkas spåda ut en positiv effekt av temperaturen på de lokala bestånden vid Simpevarp. Det kan också finnas metodsvårigheter som påverkat resultaten. Medellängderna vid högre åldrar kan t ex vara mindre tillförlitliga, genom att de grundar sig på ett mindre material.

I Hamnefjärden görs en årligen återkommande kontroll av täthet och tillväxt för årsyngel av abborre. En jämförelse av de mätt på första årets tillväxt som fås från tillbakaräkning vid åldersanalys av vuxen fisk med ett direkt mätt i fält i slutet av tillväxtsången visar att det förra mättet var lägre för de flesta åren från 1980 och framåt (figur 19). Skillnaden var i genomsnitt 3 mm och uppgick vissa år till 8–10 mm. En tänkbar förklaring till den konstaterade skillnaden är att fältobservationerna representerar fiskar som uppehållit sig hela eller delar av första tillväxtsången i fjärden, medan de tillbakaräknade mätten även representerar fiskar som vandrat in vid högre ålder.



Figur 20. Vattnets medeltemperatur på 2 m djup under maj–september och index för årlig längdtillväxt för tillväxtsångerna 1–6 i skärgården söder om Simpevarp och i Kvädöfjärden.

Tillväxtens temperaturberoende visas i figur 20, där ett index för årlig längdökning visas tillsammans med vattnets medeltemperatur nära fångstplatsen under sommaren. För tillväxtsångerna 1–6 har längdökningen ett enskilt år dividerats med långtidsmedelvärdet för alla år. Utgående från de därvid erhållna normerade värdena har ett genomsnittligt värde för de sex tillväxtsångerna beräknats för varje år. Sambandet med vattentemperaturen var tydligt och för Kvädöfjärden förklarades 78% av mellanårsvariationen av vattnets temperatur ($R^2=0,78$, linjär regression). Förklaringsgraden var lägre (48%) i skärgården söder

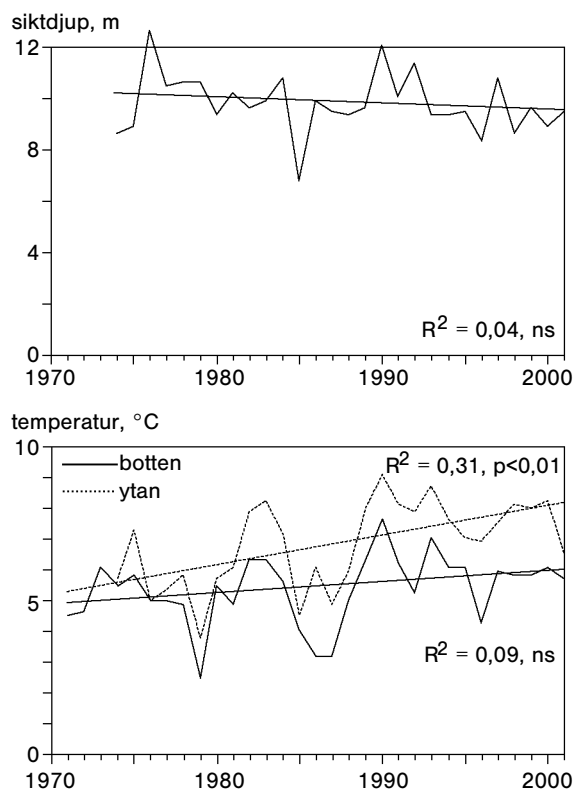
om Simpevarp, sannolikt mest beroende av knappare temperaturdata. När tillväxten vid Simpevarp jämfördes med temperaturen i Kvädöfjärden förklarades mellanårsvariationen till 64% av vattentemperaturen. Av figuren framgår även att vattnet på fiskeplatsen genomgående var något kallare vid Simpevarp. Skillnaden uppgick till i genomsnitt 1,2 °C. Att abborrarna trots detta växt snabbare vid Simpevarp förklaras sannolikt av att mätpunkterna för temperaturen inte representerar hela uppehållsområdet för de aktuella bestånden. Andra förklaringar, exempelvis genetiska skillnader, kan inte uteslutas. En signifikant positiv trend för tillväxten förelåg i Kvädöfjärden ($R^2=0,25$, $p<0,05$) och tidsserierna i de båda områdena var starkt korrelerade ($R^2=0,74$, $p<0,001$).

Kallvattenarter

Provfiske med kustöversiktsnät inleddes i havsbandet utanför Simpevarp sommaren 1970. Syftet med dessa undersökningar är att beskriva beståndsutvecklingen för arter som lever i det område där kylvattnet lämnar den skyddade närrecipienten och sprids och uppblandas med havsvattnet vid den öppna havskusten utanför samt att belysa hur fisk anlockas till kylvattenutsläppet. Med tre reaktorer i drift påverkas ett 15 km² stort område någon gång av en temperaturhöjning av minst 1 °C (Wickström, 1990).

Siktdjup och vattentemperatur

Siktdjupet varierade mellan 8 och 12 m, med få undantag (figur 21). Vattentemperaturen visade betydande mellanårsvariationer och även en stigande trend med tiden för de stationer (stn 2–4) som omfattade ytnära mätningar. Observerade förändringar beror dels på variationer i bakgrundstemperatur, t ex avtecknar sig de kalla vintrarna 1979 och 1985–1987 tydligt, dels på förändringar av kraftverkets drift. Före fördubblingen av kylvattenflödet i och med tillkomsten av den tredje reaktorn 1985 var ytvattnet på station 4 (0–7,5 m) i genomsnitt 19% varmare än djupvattnet på



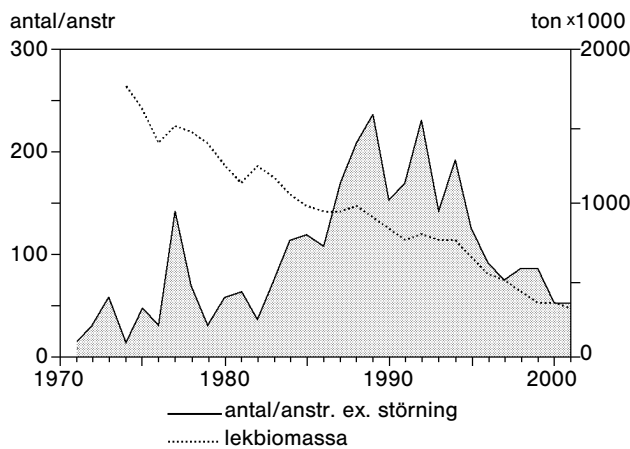
Figur 21. Siktdjup och medeltemperatur vid provfiske med kustöversiktsnät 1971–2001.

station 1 (7,5–15 m). Från och med 1985 uppgick motsvarande temperaturskillnad till 34%.

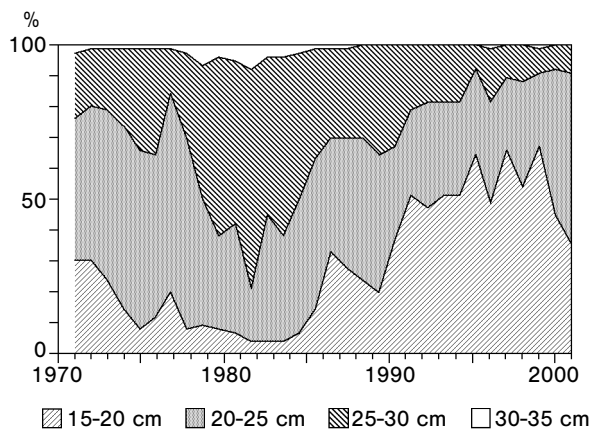
Fångster i provfisken med kustöversiktsnät 1971–2001

Den totala fångsten under den studerade perioden 1971–2001 uppgick till 210 000 fiskar fördelade på 31 arter. Strömningen dominerade starkt med närmare 90% av antalet fångade fiskar. Till andra arter som varit vanliga hör torsk, mört, tånglake och rötsimpa. Från 1989 och framåt varierade artantalet mellan 15 och 20 årligen. Variationerna över tiden för enskilda arters förekomst var nästan genomgående stora och behandlas art för art nedan.

Strömning förekom relativt sparsamt fram till mitten av 1980-talet, då en uppgång vidtog, som kulminerade under åren runt 1990 (figur 22). Därefter var utvecklingen starkt negativ och nådde i början av 2000-talet samma nivåer som före uppgången.



Figur 22. Fångst av strömming med kustöversiktsnät under april och maj vid Simpevarp 1971–2001 (antal/nät och natt) och lekbiomassa i Östersjön (tusentals ton) enligt Internationella Havsforskningsrådet (ICES).



Figur 23. Strömmingens storleksfördelning i fångster med kustöversiktsnät vid Simpevarp 1971–2001.

Data från Internationella Havsforskningsrådet (ICES) årliga beståndsuppskattningar visar att strömmingsbeståndet i centrala Östersjön har minskat med över 90% sedan 1974 (Anon. 2003) och den uppgång som inträffade vid Simpevarp under 1980-talet avspeglas inte i utvecklingen för det totala beståndet. Anlockning av strömming till kylvattenplymen har påvisats och kan möjligen ha bidragit till den lokala uppgången. Man kan inte heller utesluta att lokala lekbestånd har utvecklats annorlunda än bestånd som leker i andra områden.

Under den studerade perioden har stora variationer i storlekssammansättning i strömmingsfångsterna förekommit (figur 23). Under större delen av 1970-talet dominerade medelstor strömming (20–25 cm).

Mot slutet av decenniet övergick dominansen successivt mot större storlekar och 1982 utgjordes hela 71% av fångsten av storleksklassen 25–30 cm. Inslaget av småströmming var då endast några få procent. I takt med ökande fångster under den senare delen av 1980-talet ökade även inslaget av den minsta storleksklassen (15–20 cm), men när fångsterna var som störst 1989 utgjorde den fortfarande endast en fjärdedel av fångsten. Inslaget av småströmming kulminerade med nivåer på 50–70% under perioden med höga och efterhand vikande fångster under 1990-talet. Först under de båda senaste åren, då fångsten fallit tillbaka till nivåer som motsvarade dem före uppgången på 1980-talet, ses åter en ökande andel större strömmingar i provfisket.

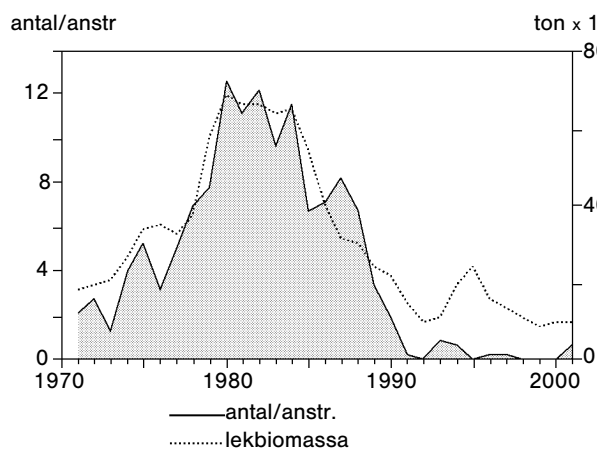
Olika förklaringar har förts fram till varför inslaget av småvuxen strömming ökade på 1990-talet. Gemensamt för dessa är dock att tillväxthastigheten har konstaterats vara betydligt långsammare än tidigare (Parmanne 1992, Raid & Lankov 1995, Flinkman *et al.* 1998, Cardinale & Arrhenius 2000). Detta skulle t ex kunna ha berott på att strömmingens födobas förändrats (Raid & Lankov 1995, Flinkman *et al.* 1998, Moellmann *et al.* 2000, Stephenson *et al.* 2001) och/eller att konkurrensen om födan inom arten och med ett växande skarpsillsbestånd har medfört födobrist (Parmanne 1992, Stephenson *et al.* 2001). En annan teori är att beståndsstrukturen förändrats mot en dominans av naturligt långsamväxande individer. En ökad födokonkurrens har även tillskrivits en minskad reglering genom predation från torsk (Parmanne 1992, Flinkman *et al.* 1998).

Torskfångsterna steg snabbt till en mycket hög nivå under 1970-talets senare del varefter de kulminerade under den första halvan av 1980-talet. Därefter vidtog en hittills obruten tillbakagång och från 1991 och framåt har fångsterna legat på en mycket låg nivå (figur 24). Samvariationen med utvecklingen för det östliga torskbeståndet är uppenbar (Anon, 2003) (figur 24). Variationen vid Simpevarp sedan 1971 förklarar till nästan 90% ($R^2=0,89$) av variationen i det totala lekbeståndet.

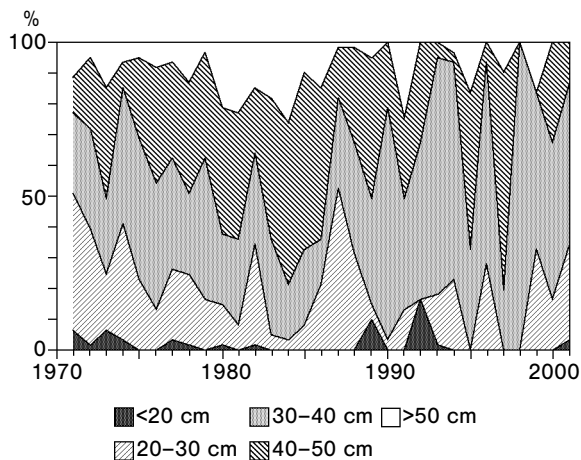
Vuxen torsk (>40 cm) utgjorde nästan 80% av antalet fiskar i fångsten vid Simpevarp när fångsterna var som störst (figur 25).

Andelen stor fisk var med få undantag betydligt lägre efter nedgången under 1980-talets senare del.

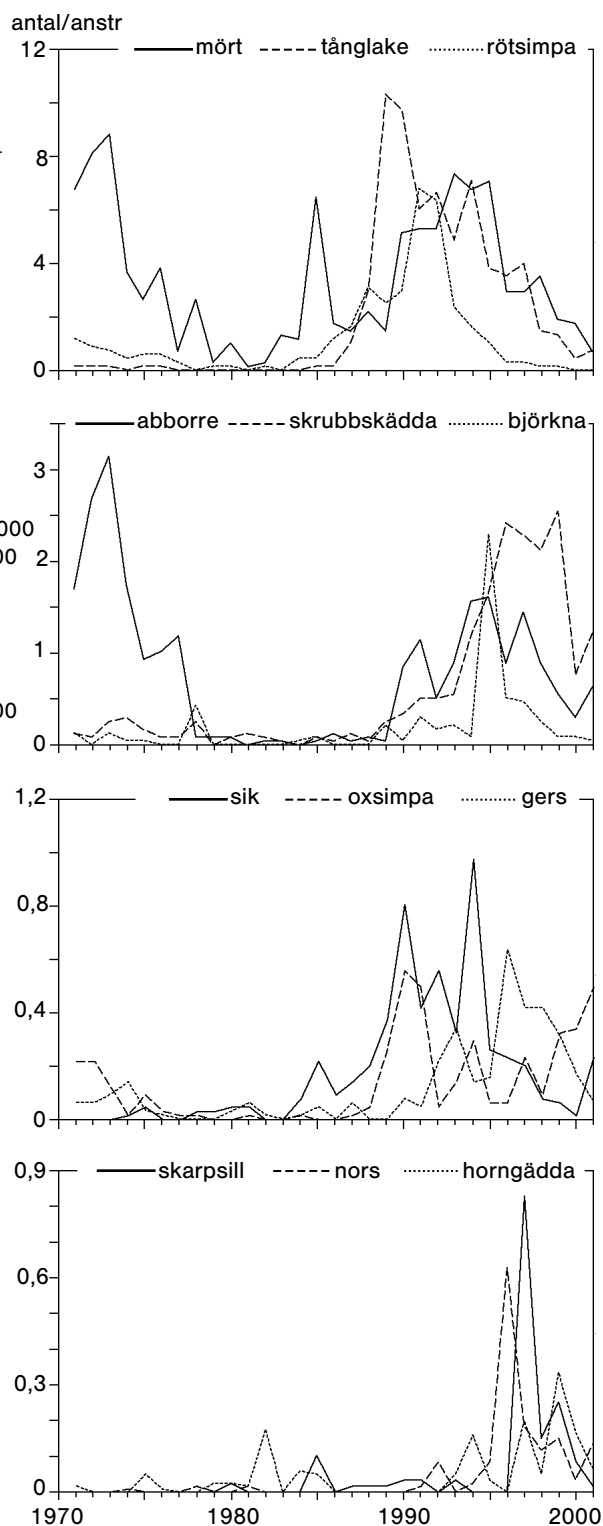
Gemensamt för de tolv vanligaste arterna vid sidan av strömming och torsk är att fångsterna var små eller obefintliga under en lång period under 1980-talet (figur 26), sammanfallande med höga fångster av torsk. För sötvattenarterna abborre och mört, och i viss mån även för skrubbskädda, rötsimpa, oxsimpa och gers, föregicks denna period av år med relativt stora fångster. För alla tolv arterna noterades markanta uppgångar under 1990-talet och för alla arter utom



Figur 24. Fångst av torsk med kustöversiktsnät under april-maj vid Simpevarp 1971-2001 (antal/nät och natt) och total lekbiomassa hos det östra beståndet i Östersjön (tusentals ton) enligt Internationella Havsforskningsrådet (ICES).



Figur 25. Torskens storleksfördelning i fångster med kustöversiktsnät vid Simpevarp 1971-2001.



Figur 26. Fångst av mört, tånglake, rötsimpa, abborre, skrubbskädda, björkna, sik, oxsimpa, gers, skarpsill, nors och horngädda med kustöversiktsnät under april och maj vid Simpevarp 1971-2001 (antal/nät och natt).

abborre och mört noterades under denna period de största fångsterna för hela undersökningsperioden. Fångststopparna var dock förskjutna i tiden. Utpräglade kallvattenarter som tånglake, rötsimpa, sik och oxsimpa kulminerade under perioden 1989–1994. Sötvattenarternas toppar inföll något senare, runt 1990-talet mitt. Efter 1995 noterades distinkta toppar för skrubbskädda, skarp-sill och nors. Under senare delen av 1990-talet avtog fångsterna successivt för alla arter utom oxsimpa.

De mycket höga tätheterna av torsk under 1980-talet har sannolikt påverkat övriga arter. Strömmingens snabba uppgång vid Simpevarp, höga torsktätheter till trots, kan sannolikt förklaras av att arten inte är stationär i området, utan som tidigare påtalats anlockas till det kylvattenpåverkade området under den kalla årstiden. Övriga dominanter i fisket vid Simpevarp kan i de flesta fall klassas som kustbundna och sannolikt i flera fall även stationära. En direkt effekt på dessa arter genom antingen predation eller konkurrens från torsken förefaller sannolik. De lokalt höga tätheterna av strömming under lektiden har sannolikt haft en positiv effekt på fångsten av andra arter, då de dras till lekplatserna för att äta strömmingsrom och vuxen strömming.

En jämförelse med sommarfångsterna av björkna och mört i skärgården söder om Simpevarp (se figur 12), visar markerade nedgångar för de båda senare arterna under 1980-talet. Det vore en alltför långtgående slutsats att koppla denna nedgång till enbart predation från torsk, men frånvaron av en motsvarande nedgång i Kvädöfjärden antyder att torsken kan ha haft en tydligare effekt på de dominerande karpfiskarna vid den mera öppna kuststräckan vid Simpevarp.

Utvecklingen under 1990-talet, då torsk förekom mycket sparsamt, tyder på att beståndsutvecklingen även påverkats av andra faktorer än förekomsten av torsk. De markanta fångstökningarna för de tolv vanligaste arterna efter strömming och torsk under 1990-talet kan åtminstone delvis bero på att temperaturen vid redskapen stigit (se figur 21). Temperaturhöjningen kan tillskrivas en ökad havsvattentemperatur till följd av ett varmare klimat i kombination med den ökade kylvattenvolymen

genom tillkomsten av en tredje reaktor. Högre temperatur kan ge starkare anlockning, men även ökad rörelseaktivitet och därmed ökad risk att fångas i stationära redskap som nät. Mellanårsvariationer för enskilda arter styrs dock i grunden av rekryteringen av unga fiskar till det vuxna beståndet. Hur denna regleras är artspecifikt och i många fall okänt.

Den mycket uttalade tillbakagången av ett flertal arter som noterades i fisket med kustöversiktnät vid Simpevarp mot slutet av undersökningsperioden ses inte i andra fisken. I Kvädöfjärden noterades visserligen en långsiktig tillbakagång för rötsimpa, medan fångster av gers, sik, skrubbskädda och tånglake har varit stabila eller utvecklats i positiv riktning. Nedgången för de sistnämnda arterna utanför Simpevarp är mot denna bakgrund svår att förklara med naturliga beståndsvariationer. Någon förklaring kan inte heller sökas i förändrade vattentemperaturer. En minskande strömmingslek i Simpevarp kan ha bidragit, då dessa arter gärna äter strömmingsrom.

Sedan slutet av 1990-talet har skador på fångad fisk observerats som sannolikt kan härledas till förekomst av sälar i området. Sälar har observerats ända in i Hamnefjärdens yttre del och skarvar har koncentrerats i området under hela 1990-talet, främst under vinter och vår. Att både skarv och säl kan stjäla fångad fisk ur redskap är väl dokumenterat och en effekt från dessa predatorer kan ha inneburit att den faktiska tätheten underskattats av provfiskeresultatet.

Temperatureffekter på fiskars fortplantning.

Bakgrund

Fiskarnas fortplantning styrs av många olika omvärldsfaktorer, inte minst av temperaturen (Van Der Kraak & Pankhurst 1996). Temperaturen påverkar fiskens könsmognad och hur rom och mjölke utvecklas fram till leken samt tidpunkten för lek. För en väl fungerande fortplantning krävs att temperatur och daglängd samvarierar på ett naturligt sätt.

Effekterna av avvikande temperaturklimat kan studeras i kylvattenpåverkade områden. Risken för negativa effekter på könsorganen hos fiskar som anlockas till uppvärmda områden blev alltmer uppenbar efter t ex undersökningar som gjordes under 1980-talet i litauiska kylvattenrecipienter. Ett samarbete inleddes därför som resulterade i ett projekt där Hamnefjärden, Biotestsjön i Forsmark och Ignalinaverkets kylsjö Drūkšiai i nordöstra Litauen kunde jämföras. Projektet omfattade en histologisk undersökning, d v s med mikroskoperingsteknik, av romsäckar från abborre, mört, gädda, björkna och gers som insamlades från de olika områdena. De tre förstnämnda arterna är värlekande, medan björkna och gers representerar sommarlekande fiskar med större delen av äggutvecklingen under den varma årstiden.

Hos värlekande fisk förekom ofta allvarliga störningar hos värmeexponerade fiskar i såväl den svenska kustrecipienterna som i den litauiska insjön (Lukšienė *et al.* 2000). Redan under hösten var det vanligt att honorna bar rom som börjat dö och återbildas. Längre fram på våren förekom många fiskar med rester av döda romkorn. En nybildning av mer eller mindre utvecklade förstadier till fullbildade ägg hade startat hos dessa fiskar, ett tillstånd som inte är normalt för årstiden. Särskilt hos äldre individer var det vanligt, att könsorganet var så skadat, att det ansågs osannolikt att de kunde fortplanta sig normalt. Det fanns också andra observationer som indikerade abnorma förhållanden, t ex tvåkönade fiskar och ägg med flera cellkärnor. Skadorna på mört var särskilt grava beroende på att många honor också angripits av en mikrosporidie, en encellig parasit som invaderar och förstör romkornen. Förekomsten av parasiterade fiskar kunde inte kopplas till värmepåverkan, då parasiten var vanlig även i referensområdet.

Dessa undersökningar visade också, att fisken inte hade förmåga att undfly påverkan även om detta är möjligt, då tydliga effekter förekom i såväl Hamnefjärden som i den öppna kylvattenkanalen i Forsmark. Orsakerna till detta är okända, men det verkar som om fisken styrs mycket starkt av sin temperaturpreferens. Det är visat, att fisk föredrar temperaturer nära optimum för tillväxt, vilket tydligen är betydligt varmare än optimum för fortplantning.

Abborre som exponeras för alltför hög temperatur före och under leken kan också drabbas av andra fortplantningsskador. När man gjorde försök att kläcka abborrom insamlad från Hamnefjärden, Biotestsjön och den öppna kanalen i Forsmark, visade det sig att en mycket hög andel av äggen dog före kläckningen (Sandström *et al.* 1997). I försöket ingick också en grupp fiskar som hölls instängda i en nätkasse i Hamnefjärden från december fram till leken, då deras rom kunde studeras. Även här var romdödligheten hög. De insamlade romsträngarna föll snabbt sönder varefter äggen angreps av svamp och andra mikroorganismer.

De sommarlekande arterna gers och björkna klarade hög temperatur betydligt bättre. En varmare miljö gav t o m tecken till förstärkt fortplantningskapacitet. Varm och framför allt lång sommar ger förlängd produktionsperiod och totalt fler lagda ägg.

Gonadundersökningar i Hamnefjärden 1993–2001

De observationer av fortplantningsstörningar som gjordes i början av 1990-talet föranledde uppföljande undersökningar i Hamnefjärden, med Kvädöfjärden som jämförelseområde. Mikroskopiska undersökningar är förhållandevis tidsödande, men det visade sig att flertalet störningar kan diagnosticeras vid kontroller av dissekerad fisk gjorda med blotta ögat. På prov som insamlas under hösten kan man se sk stenrom, vilket är rester av döda ägg som är under nedbrytning. Även andra störningar, t ex tecken på att celldöd har börjat, kan man se om man skär upp romsacken och studerar dess färg och struktur.

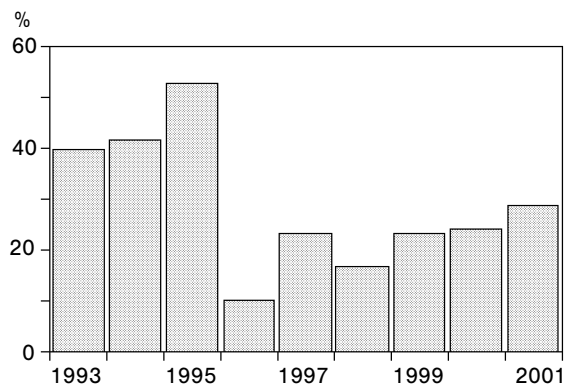
Ett program bestämdes, där abborre och mört som årligen insamlas för ålders- och tillväxtanalys från båda områdena även undersöks med avseende på fortplantningsstörningar. Undersökningarna i Hamnefjärden har pågått sedan 1993, medan serien i Kvädöfjärden startade 1997. Materialet omfattar ett stort antal fiskar i de storleksklasser som normalt förekommer i bestånden – för abborre 15–45 cm och för mört 15–30 cm.

För ögat synliga skador på könsorganen var vanligt förekommande i Hamnefjärden.

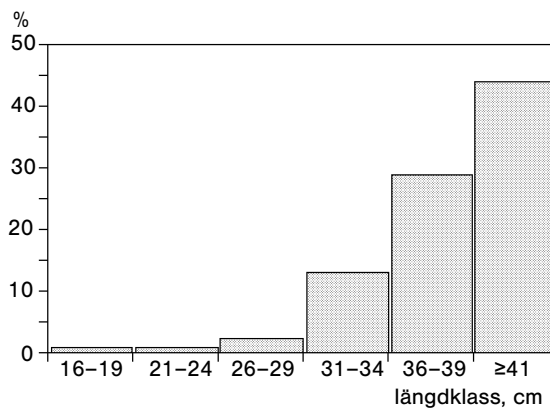
Både abborre och mört påverkades. Skadebilden hos mört var till synes oförändrad under kontrollperioden. För abborre indikerade resultaten en lägre skadefrekvens hos fiskar större än 30 cm efter 1995 (figur 28). Mindre abborrar hade genomgående en betydligt lägre skadefrekvens (figur 28).

Skadorna var tydligt kopplade till exponering för kylvatten, då motsvarande defekter bara i ett fåtal fall observerades i material från referensområdet (tabell 1). En mer ingående analys av vattentemperaturens betydelse i Hamnefjärden indikerar att vattentemperaturen under föregående vinter är positivt relaterad till skadefrekvensen påföljande sommar (linjär regression, $r^2=0,34$) (figur 29). Detta kan tolkas som att gonadernas utveckling påverkas negativt under varma vintrar. Ytterligare värmetillförsel, genom t ex klimatändring eller effekthöjning, skulle om så vore fallet förstärka effekterna.

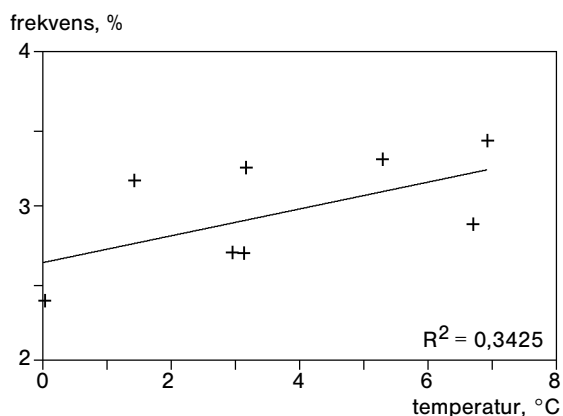
Den ekologiska betydelsen av de observerade fortplantningsskadorna är svårbedömd, men åtminstone de mest drabbade individerna torde ha mycket svårt att fortplanta sig. Sådana grava skador förekom företrädesvis hos gamla fiskar, vilka utgör en mindre del av bestånden. Förutsatt att unga, nyss köns mogna, fiskar klarar en naturlig lek, kan även de kylvattenpåverkade områdena producera fiskyngel. Risken för att leken delvis misslyckas kan dock inte negligeras, särskilt de år då skadorna varit mest utbredda. Analyser av årsklasstyrka kunde påvisa ett positivt samband mellan yngeltäthet i Hamnefjärden och index för årsklasstyrka för abborre i skärgården söder om Simpevarp. Årsklasstyrkan var också negativt korrelerad till vattentemperaturen under sommaren. Detta kan i klartext tolkas som att rekryteringen i Hamnefjärden har en betydelse för beståndets utveckling i näraliggande skärgårdar och att denna fungerar bättre under svalare somrar, till skillnad mot vad som kan förväntas i opåverkade områden.



Figur 27. Frekvens av gonadskador hos abborre från Hamnefjärden 1993–2001. Medelvärde av frekvensen för storleksklasserna 30–35 cm, 35–40 cm och >40 cm.



Figur 28. Genomsnittlig frekvens av gonadskador hos storleksklasser av abborre från Hamnefjärden 1993–2001.



Figur 29. Frekvens av gonadskador hos abborre (20–35 cm) från Hamnefjärden avsett mot temperatur hos intagsvattnet till block 2 vid Oskarshamnsverket under februari–mars, 1994–2001.

Tabell 1. Frekvensen av gonadskador hos honor av abborre och mört i Hamnefjärden och Kvädöfjärden. N: totalt antal fiskar i provet.

år	area	längdklasser, cm									
		15–20		20–25		25–30		30–35			
		N	%	N	%	N	%	N	%		
abborre	1997	Kvädöfjärden	41	0	50	0	37	0	0	3	
		Hamnefjärden	29	0	53	0	55	0	28	14	
	1998	Kvädöfjärden	57	0	87	0	46	0	4	0	
		Hamnefjärden	29	0	65	0	37	0	24	17	
	1999	Kvädöfjärden	42	0	65	0	34	3	3	0	
		Hamnefjärden	23	0	44	0	47	0	49	4	
	2000	Kvädöfjärden	47	0	71	0	74	1	3	0	
		Hamnefjärden	16	0	41	0	61	3	30	17	
	2001	Kvädöfjärden	52	0	93	0	50	0	5	0	
		Hamnefjärden	19	5	59	3	59	9	41	10	
	mört	1997	Kvädöfjärden	17	0	47	0	23	4		
			Hamnefjärden	85	0	47	6	59	25		
1998		Kvädöfjärden	92	0	95	1	13	15			
		Hamnefjärden	25	4	84	11	76	8			
1999		Kvädöfjärden	43	0	28	0	13	15	1	100	
		Hamnefjärden	73	1	68	9	51	28			
2000		Kvädöfjärden	140	1	52	4	8	25			
		Hamnefjärden	59	5	99	1	35	11			
2001		Kvädöfjärden	127	4	66	0	7	0			
		Hamnefjärden	79	1	56	2	55	7			

Fisksjukdomar

Kontroll av för ögat synliga yttre sjukdomstecken har under lång tid ingått som ett moment vid bearbetningen av samtliga provfiskefångster inom kontrollprogrammet för kärnkraftverket vid Oskarshamn. Förekomst av fisksjukdomar styrs i regel av naturliga faktorer, bl a exponering för parasiter. Många olika miljöstörningar anses kunna inverka på sjukdomsfrekvensen, inte minst de höga temperaturer som orsakas av kylvattenutsläpp.

Kontrollen av yttre sjukdomstecken sker genom okulärbesiktning av samtliga fiskar i fångsten. För strömming under värfisket ställs dock något lägre krav på grund av tidvis mycket stora fångster. Symptomen redovisas fördelade på sex olika kategorier; hudsår, skelettdefekter, tumörer, fenröta, *Lymfocystis* och "övriga" (Thoreson 1992). Fenröta är en bakterieframkallad sjukdom med mycket snabbt utvecklingsförlopp som kan drabba de flesta fiskarter. Den yttrar sig som en fransning av de yttre delarna av fenan och

i senare stadium kan fenstrålarna falla av. *Lymfocystis* är en virus sjukdom som orsakar druvliknande hudtumörer hos främst flundra.

Sjukdomssituationen i Simpevarps närhet under 1980-talet befanns för de flesta arter inte avvika från normalsituationen i svenska kustvatten (Thulin *et al.* 1990). Ett undantag utgjordes av en till Europa införd alparasit, *Anguillicola crassus*, som under 1988 snabbt etablerade sig i Hamnefjärden och där den vid den tiden förekom i en infesteringsgrad som vida översteg omgivningens. Parasiten förekommer i ålens simblåsa, där den livnär sig på värddjurets blod. Förekomsten av simblåseparasiter hos ål i Hamnefjärden har därefter följts genom årlig kontroll av cirka tvåhundra slumpvis utvalda gulålar. Kontrollen görs under tidig vår.

Här redovisas resultaten av sjukdomskontrollen under perioden 1990–2001. Resultaten behandlas separat för fyra olika provfiskemoment: fisket med biologiska länkar i Hamnefjärden, gulål från fisket med småryssjor i Hamnefjärden, fisket

med kustöversiktsnät i havsbandet vid Simpevarp och fisket med nätlänkar i skärgården söder om Simpevarp under sommaren.

Sjukdomsfrekvensen i närrecipienten

Varmvattenarter i Hamnefjärden

Under perioden 1990–2001 kontrollerades över 47 000 fiskar från nätfisket i Hamnefjärden. Förekomsten av fisksjukdomar varierade i den totala fångsten av alla arter från mindre än 0,3% 1998 till 2,6% 1994 (figur 30). De här presenterade arterna (abborre, mört, björkna, sarv, gers och gädda) utgjorde tillsammans ca 95% av den totala fångsten. Ingen art visar någon trend avseende förekomst av sjukdomar.

Procentuellt var gäddan den mest sjukdomsdrabbade arten, men bilden blir något osäker eftersom bara få gäddor fångas i nätprovfisket. Av de vanligare förekommande arterna var mört och sarv de mest sjukdomsdrabbade (i genomsnitt 1,7% respektive 0,8% 1990–2001). Vid en jämförelse av perioderna 1990–1995 och 1996–2001 fanns inga signifikanta skillnader avseende total sjukdomsförekomst för någon av de fyra vanligaste arterna. Gers uppvisar dock en signifikant positiv trend över tiden 1990–2001, dvs den har drabbats

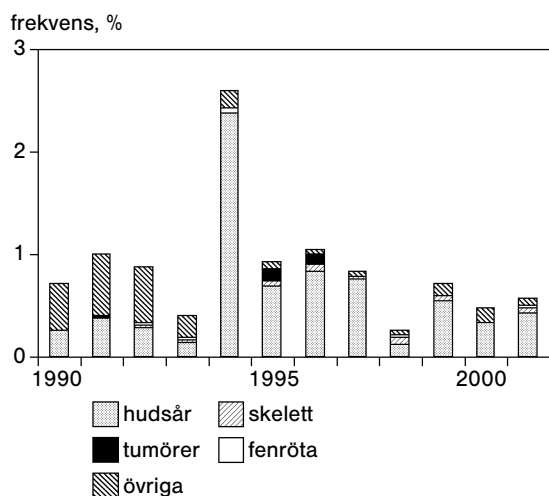
av fler och fler sjukdomar de senare åren.

Kategorin "övriga symptom" dominerade 1990–1992, till följd av en förhållandevis hög andel mekaniska skador hos flera arter och av sk godartade epitelnybildningar hos mört, främst under lektiden på våren. Det senare yttrar sig som förtjockade partier på hud och fjäll, med en gråaktig halvgenomskinlig färg. Under den senare delen av 1990-talet var andelen "övriga symptom" signifikant lägre än under tidigt 1990-tal.

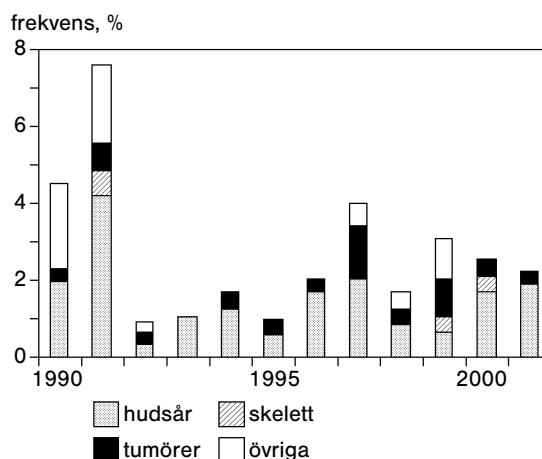
Det vanligaste symptomet totalt var blödningar och sår i huden, vilka var särskilt vanliga efter 1993. Förekomsten av hudsår hos mört och björkna 1994 (4% respektive 2,3%) var bland de högsta som registrerats under 1980- och 1990-talen. Thulin *et al.* (1990) rapporterade som mest ca 2,4% för mört och 2,3% för björkna från Hamnefjärden för 1989. Resultaten i övrigt låg inom ramen för variationen under 1980-talet. Ingen förändring av hudsårsförekomst hos de fyra vanligaste arterna har skett de senaste sex åren.

Den totala fångsten av guläl uppgick 1990–2001 till 5400 fiskar. Hudsår har genomgående varit det vanligaste symptomet hos gulålen i Hamnefjärden (figur 31). Frekvensen av sår har varierat med tiden men inga trender kan skönjas.

Blomkålssjukan är en godartad tumör som uteslutande drabbar ål. Svulsterna



Figur 30. Frekvens av sjukdomar hos abborre, mört, björkna, sarv, gers och gädda i nätfångster från Hamnefjärden under vår och sensommar 1990–2001.



Figur 31. Frekvens av olika sjukdomar i fångsten av guläl i Hamnefjärden 1990–2001.

sitter oftast vid ålens käkregion och kan bli så stora att de försvårar för fisken att inta föda. I genomsnitt 0,5% av ålarna i Hamnefjärden hade blomkålssjuka 1990–2001. Bland "övriga symptom" återfinns i huvudsak sk gasblåsesjuka och ålar som av oförklarlig anledning dött i redskapen. Den totala sjukdomsfrekvensen varierade mellan 1 och 8% per år. Höga nivåer i början av 1990-talet avlöstes av en markant nedgång och under de senaste sex åren var frekvensen mellan 2 och 4%.

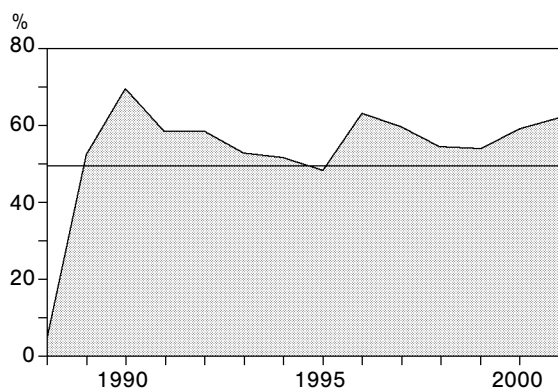
Den parasitiska nematoden *Anguillicola crassus* infördes till Europa i början av 1980-talet genom transporter av utsättningsål till Italien från Nya Zeeland (Hartman 1987). Storleken varierar från några få till mer än 50 mm och infestationen kan vara så kraftig att ålens simblåsa helt fylls och i sällsynta fall brister och kollapsar. Parasiten spred sig snabbt över stora delar av Europa och befaras ha införts till Sverige genom illegal import av ål från Polen 1987. Den första observationen i Hamnefjärden gjordes våren 1988, och sedan följde en snabb etablering. Redan påföljande vår var mer än hälften av ålarna infesterade och våren 1990 var sju av tio ålar bärare av parasiten. Efter detta år finns en tendens till långsam minskning av infestationsgraden och 1995 understeg denna för första gången sedan 1988 50%. Efter 1995 har dock frekvensen av *Anguillicola* åter ökat till tidigare nivåer (figur 32). Den höga temperaturen i recipienten befarades till en början befrämja spridningen av parasiten till ålar i den omgivande skärgården. Parasiten etablerade sig

snabbt utmed stora delar av Östersjökus-ten och etableringen skulle med mycket stor sannolikhet ha ägt rum oberoende av förekomsten av kylvattenrecipienter. Någon påtaglig påverkan på ålens kvalitet eller kondition har inte visats, men en lindrig anemi kan förekomma hos starkt infekterade ålar (Höglund & Andersson, 1993).

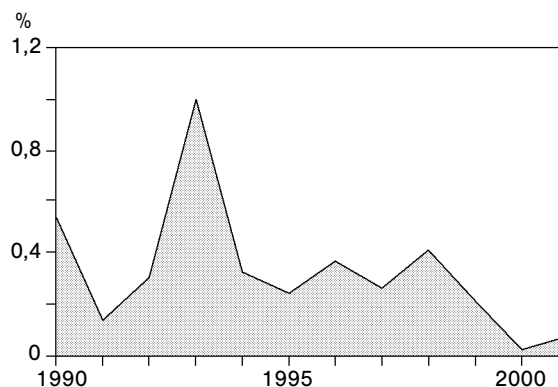
Kylvattenarter i utsläppsområdet

Fisket med kustöversiktsnät i havsbandet vid Simpevarp fångade sammanlagt nästan 124000 fiskar under perioden 1990–2001. Strömningen dominerade starkt i detta fiske med nästan 90% av antal fångade fiskar. Förekomsten av olika sjukdomar var genomgående låg under hela perioden (<1%), mycket beroende av att strömningen visat sig lindrigt drabbad av för ögat synliga sjukdomar (figur 33). Under perioden 1990–1993 observerades en ökad frekvens av strömningar med förekomst av sk stenrom. Detta tillstånd yttrar sig så att fisken får en deformerad och något uppsvälld buk där man lätt kan känna de sjukligt hårda romsäckarna i bukhalan. Sedan 1994 har inga sjuka strömningar noterats.

Antalet observerade fiskar med för ögat synliga sjukdomar minskade under de senaste åren, men ingen statistiskt signifikant förändring förelåg i hela materialet från 1990–2001. Hos tånglake och strömning har signifikant nedåtgående trender påvisats.



Figur 32. Frekvens av den parasitiska nematoden *Anguillicola crassus* hos gulål i Hamnefjärden 1988–



Figur 33. Frekvensen sjukdomar i djupnät.

Abborre är den vanligaste arten efter strömning i fångsten med kustöversiktsnät. Inga abborrar med skador har hittats i detta fiske under hela 1990-talet. Den högsta sjukdomsfrekvensen över perioden uppvisades av rötsimpa och skrubbskädda (figur 34). Under hösten 1992 noterades att en hög andel av rötsimporna hade starkt grumlade ögonlinser, till följd av parasitering av en trematod, *Diplostomum sp.* Ögonskadorna registrerades detta år inte i den ordinarie sjukdomskontrollen, men genom stickprovtagning i fångsten konstaterades att 32% av simporna hade tydliga symptom på något av ögonen eller båda. Angreppen var så starka att de med stor sannolikhet orsakade blindhet. Andelen påverkade rötsimpor kulminerade 1993 (42%) och har därefter avtagit. Detta fenomen iaktogs under samma period av fiskare från vattnen utanför Oskarshamn och tros alltså inte ha något samband med varmvattenutsläppet.

Hudsår var vanligast hos mört och flundra. Den genomsnittliga nivån hos flundra för perioden 1996–2001 uppgick till 4,5%, vilket var obetydligt högre än under 1990–1995 (3,9%). Förekomsten av hudsår hos mört låg på en oförändrad nivå (<0,3%) i jämförelse med 1980-talet. Detta är lägre än i Hamnefjärden, där hudsår förekom hos ca 1% av mörtarna, men mer än i skärgården där enbart 0,04% av mörtarna återfanns med sår.

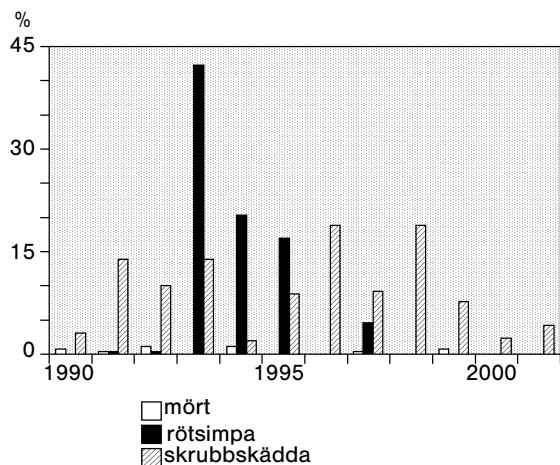
Lymfocystis är mycket vanlig hos flund-

ra i Östersjön och drabbade under perioden 1982–1989 i genomsnitt 1,5% av flundror-na vid Simpevarp. Den genomsnittliga förekomsten 1990–1995 var 5%. Medelvär-det under 1996–2001 var 3%, med ett hög-sta värde under 1990-talet på 12% 1996. De senaste fyra åren påträffades ingen individ med *Lymfocystis*.

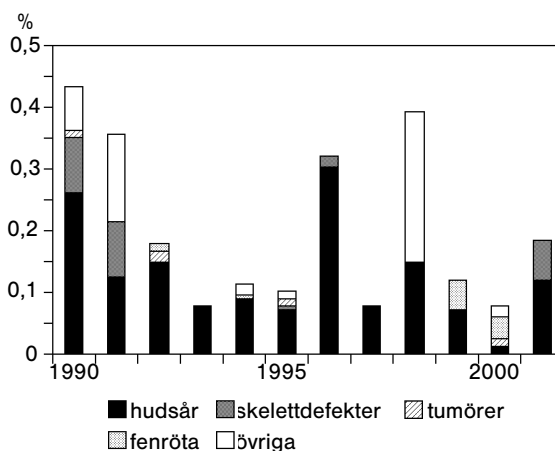
Sjukdomsfrekvensen i fjärrecipienten

Abborre, mört och björkna dominerade fångsten i fjärrecipienten med i genomsnitt 93% av antalet fångade fiskar, som totalt uppgick till över 95 000 för perioden 1990–2001. Frekvensen sjuka fiskar förändrades inte under perioden 1996–2001 jämfört med 1990–1995. Hudsår har här, liksom vid övriga fisken varit vanligast. Förekomsten av hudsår hos mört har tidigare år legat som högst på 0,13% 1990 och 1996. Inga hudsår har noterats hos mört de tre senaste åren.

”Övriga sjukdomar” utgjorde en förhållandevis stor andel av observationerna 1990, 1991 och 1998 och bestod då främst av deformerade gällock hos abborre. Ingen av de undersökta arterna eller sjukdoms-tillstånden som ingår bland övriga sjukdomar uppvisade någon statistiskt signifikant förändring över den senaste sexårsperioden (figur 35).



Figur 34. Frekvens av sjukdomar i fångsten av mört, rötsimpa och skrubbskädda med kustöversiktsnät i havsbandet vid Simpevarp 1990–2001.



Figur 35. Frekvens av olika sjukdomssymptom i fångsten med nätlänkar i skärgården söder om Simpevarp 1990–2001.

Bottenfauna

Den makroskopiska bottenfaunan är ofta stationär och relativt långlivad, varför den väl integrerar förändringar i sedimentet. I Östersjöns mjuka botten anrikas toxiska ämnen och många arter är känsliga för såväl förekomsten av miljögifter som för syrebrist, ofta orsakad av eutrofiering.

Mjukbottenfaunan i Hamnefjärden undersöktes på höstarna mellan åren 1972 och 1986 (Mo 1990). Faunan i den inre delen av fjärden visade sig bestå av ganska få arter och de djur som återfanns var sådana som tål låga syrehalter eller ofta koloniserar tidigare utslagna botten. Detta tyder på att botten i denna del av Hamnefjärden återkommande drabbades av syrebrist. Denna har sannolikt orsakats av att kylvattnet ger ökad näringstillförsel till fjärden och av att syreåtgången ökar vid nedbrytningen av organiskt material. I den yttre delen av fjärden, där det strömmande vattnet är välventilerat, uppträder ingen syrebrist. Det varmare och näringsrikare kylvattnet gynnade etableringen av vissa arter, medan andra missgynnades, men faunan här blev både art- och individrikare än tidigare. Sedan 1986 har inga ytterligare undersökningar av bottenfaunan i Hamnefjärden utförts.

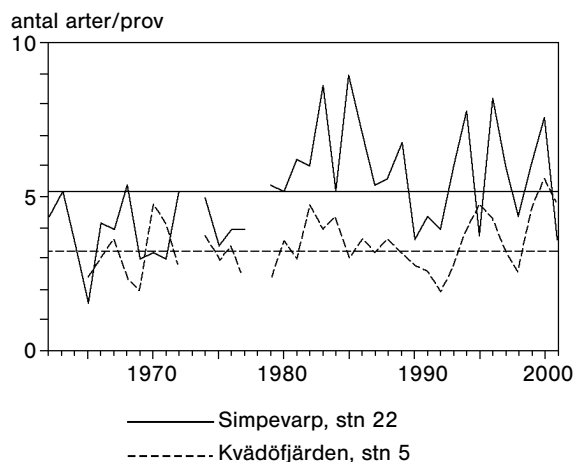
Utanför Hamnefjärden är påverkansområdet, d v s området som vid olika tillfällen berörs av kylvattenplymer med minst 1 °C övertemperatur, ca 15 km². Kylvattenplymernas utbredning beror av strömmarna i området, som mestadels är sydgående. Detta förorsakar temperaturpåslag i ytvattnet på båda provtagningslokalerna i Simpevarpsområdet, men däremot berörs normalt inte botten.

I Simpevarp finns två provtagningsstationer. Den djupa lokalen (22–24 m) är belägen strax söder om Hamnefjärdens mynning (figur 1) och bottensedimentet består av hårt packad finsand med inslag av detritus. På lokalen i norr, station 23 (17 m), är bottensedimentet mer heterogent och består av finsand med inslag av detritus samt grus och sten. Den sydligare lokalen berörs oftare av kylvattenplymernas

ytliga temperaturpåslag. Nära den södra stationen ligger intaget till verkets tredje block, beläget på 18 m djup. Referensundersökningar utförs på likartade stationer i Kvädöfjärden (figur 1). På station 5 (24 m) består sedimentet av gyttja och på station 6 (18–22 m) består det av lera med inslag av grusig och stenig finsand. På dessa fyra stationer har undersökningar utförts sedan 1962. Prover har tagits på lokalerna i Simpevarpsfjärden fr o m våren 1962 och lokalerna i Kvädöfjärden fr o m hösten samma år. Prover togs både vår och höst t o m år 1990, därefter endast på våarna. Från provtagningsbörjan artbestämdes och räknades samtliga i proverna ingående djur efter att proverna sällats genom ett säll med 1 mm maskvidd. Från och med 1984 mättes dessutom de olika arternas biomassa (alkoholvätsvikt).

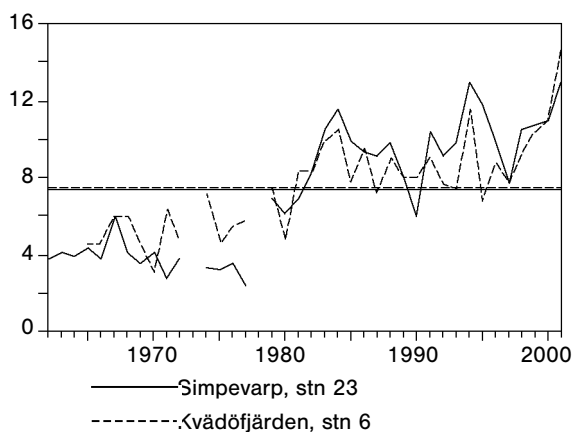
Artantal

På de djupare lokalerna ökade artantalet i Simpevarp i slutet av 1970-talet, men ökningen har sedan avtagit (figur 36). I Kvädöfjärden har artantalet legat på en lägre nivå än i Simpevarp. Skillnaden i



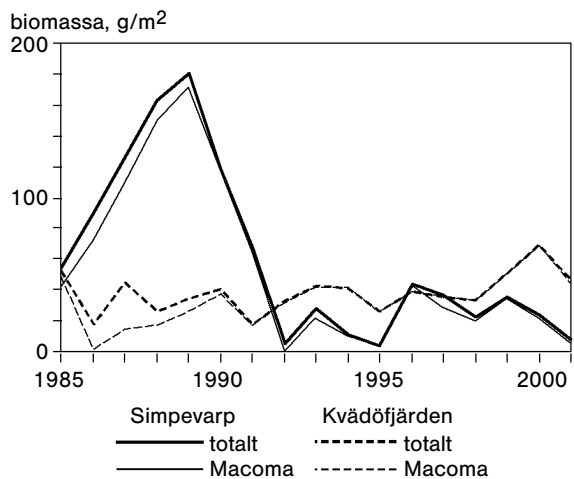
Figur 36. Mjukbottenfaunans artantal på djupare lokaler i Simpevarp och i referensområdet i Kvädöfjärden. Medianvärdet för respektive serie är inlagd som horisontell linje.

artantal kan vara en effekt av kylvattenutsläppet, eftersom ökad temperatur och förändrade vattenrörelser tänkas kan påverka produktionsförhållanden i sedimentet direkt eller indirekt. Vid ökad sedimentation ökar den organiska halten i sedimenten, vilket förändrar förutsättningarna för etablering. En tendens till ökad skillnad i artantal mellan områdena efter verkens tillkomst indikerar en påverkan av kylvattenutsläppen, men alternativa förklaringar är tänkbara, t ex olika lokala svar på en storskalig övergödning. År 2000 uppmättes det hittills högsta värdet i Kvädöfjärden med 5,6 arter/prov.

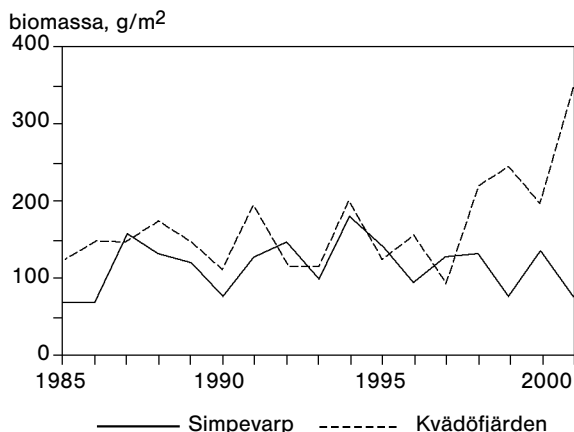


Figur 37. Mjukbottenfaunans artantal på grundare lokaler i Simpevarp och i referensområdet i Kvädöfjärden. Medianvärdet för respektive serie är inlagd som horisontell linje.

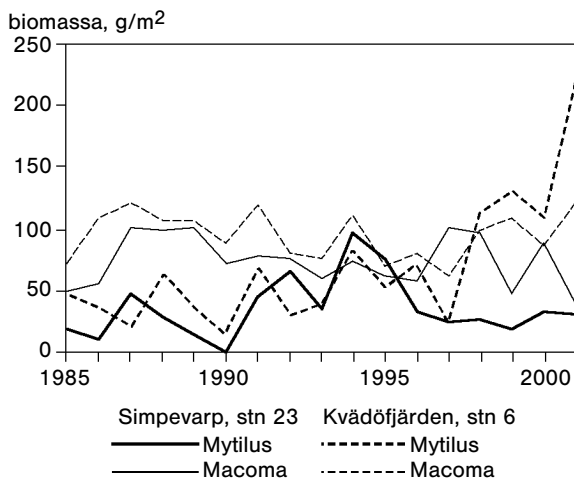
Vid en jämförelse av artantalet på de grundare lokalerna har detta utvecklats likvärdigt i Simpevarp och Kvädöfjärden (figur 37). Från 1970-talet skedde en kraftig ökning fram till 1984 och artantalet har under 1980- och 1990-talet legat på en betydligt högre nivå än under de tidigare åren. Under den senaste femårsperioden skedde åter en ökning av antalet arter i båda områdena, till det högsta uppmätta värdet någonsin i Kvädöfjärden 2001. I Simpevarp var ökningen mellan 1970- och 1980-talet större och de senaste 20 åren har artantalet oftare varit högre i Simpe-



Figur 38. Biomassa för mjukbottenfaunan på djupare lokaler i Simpevarp och i referensområdet i Kvädöfjärden, totalt och för östersjömussla (*Macoma balthica*).



Figur 39. Mjukbottenfaunans totala biomassa på grundare lokaler i Simpevarp och i referensområdet i Kvädöfjärden.



Figur 40. Biomassa av blåmusslor (*Mytilus edulis*) och östersjömusslor (*Macoma balthica*) på grundare lokaler i Simpevarp och i referensområdet i Kvädöfjärden.

varp än i Kvädöfjärden. Nivåerna ligger på samma nivå som i övriga länet (Smith *et al.* 2000).

Biomassa

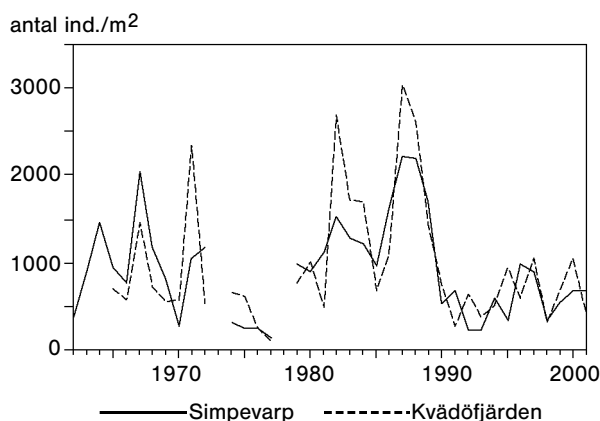
Biomassan på de djupare lokalerna bestod nästan uteslutande av Östersjömussla (*Macoma balthica*) (figur 38). Östersjömusslan var mycket vanlig i Simpevarp under senare delen av 1980-talet och uppvisade ett maximum 1989 både gällande antal och biomassa. Efter det har den återgått till betydligt lägre nivåer. Värdena låg lägre än genomsnittsvärdena för övriga Kalmarsund (Smith *et al.* 2000) och de mycket låga värdena 1992, 1994 och 1995 tyder på att syrebrist uppstått och populationen kraschat, varefter den har återhämtat sig något, för att 2001 återigen minska. I Kvädöfjärden finns ingen likhet med dessa stora variationer. En uppåtgående trend kan skönjas, lik den som skett på flera lokaler i Kalmar läns norra skärgårdsområde (Smith *et al.* 2000).

Biomassans variationer på de grundare områdena var avhängiga blåmusslans (*Mytilus edulis*) och östersjömusslans biomassa (figur 39 och 40). Den totala biomassan varierade likartat i båda områdena fram till 1997, varefter biomassan i Kvädöfjärden ökade kraftigt. Denna ökning berodde främst på en ökning av blåmussla (figur 40). I Simpevarp ökade vikterna under den första hälften av 1990-talet för att sedan avta. Biomassan hos östersjömusslan har visat mindre variation och de senaste sju åren har upp- och nedgångarna varit motsatta mellan lokalerna. Ett t-test av biomassan visade att den var signifikant högre i Kvädöfjärden än i Simpevarp. Nivåerna i båda lokalerna var något högre än på motsvarande botten i regionen (Smith *et al.* 2000).

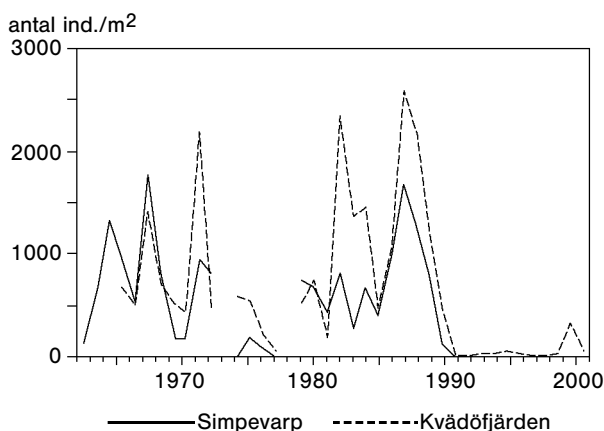
På både de djupa och de grunda lokalerna skedde en successiv biomasseökning i Kvädöfjärden som inte hade någon motsvarighet i Simpevarp.

Individtäthet

Variationerna av de totala individantalen var mycket likartade på de djupare lokalerna (figur 41). Fram till 1990 berodde variationerna främst på fluktuationer hos vitmärslor (*Monoporeia affinis*, figur 42). Vitmärslan har fluktuerat mycket över åren men under hela 1990-talet har mycket få vitmärslor hittats i proverna både i Simpevarp och Kvädöfjärden. Den lokala orsaken till tillbakagången är inte känd, men motsvarande nedgång har observerats i andra områden i Östersjön (Anon 2003b). Vitmärslans ägg och embryon är mycket känsliga och används som en biomarkör för föroreningar i sedimentet (Anon 1997). Vitmärslan är också mycket känslig för syrebrist i sedimentet och det svavelväte som bildas vid



Figur 41. Total individtäthet på de djupare lokalerna i Simpevarp och Kvädöfjärden.

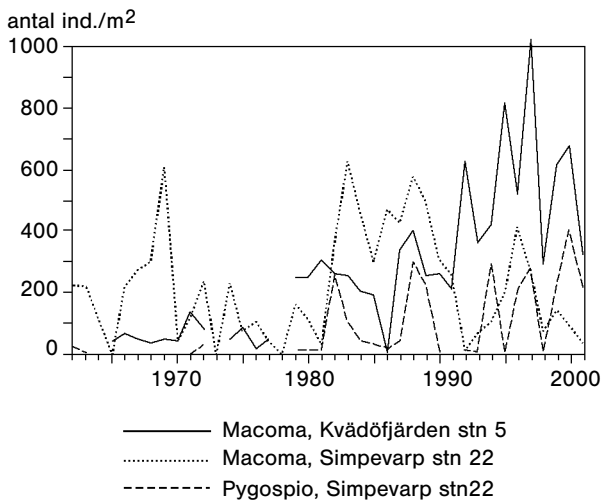


Figur 42. Individtäthet för vitmärslor (*Monoporeia affinis*) på de djupare lokalerna i Simpevarp och Kvädöfjärden.

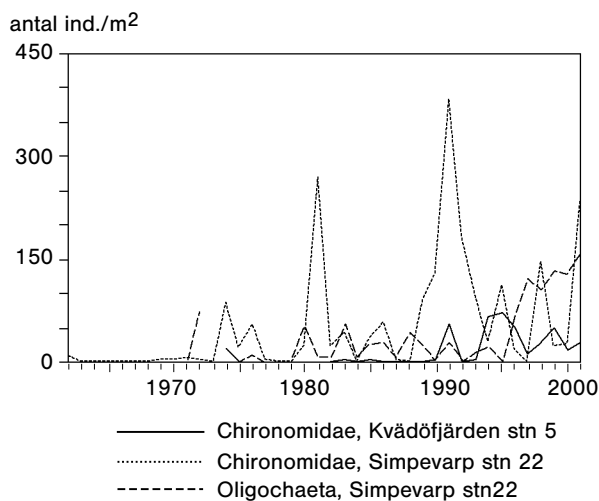
långvarig syrebrist. (Modig & Olafson 1998, Sandberg-Kilpi *et al.* 1999, Johansson 1997). Eftersom märlan är en istidsrelikt som är känslig för höga temperaturer kan den ökande vattentemperaturen ha haft en negativ påverkan. Efter vitmärlornas uteblivande under 1990-talet övertogs dominansen av östersjömusslor och av sandborstmasken (*Pygospio elegans*) i Simpevarp, i Kvädöfjärden enbart av östersjömusslan (figur 43).

Efter 1990 blev östersjömusslorna i Simpevarp färre och fanns bara i enstaka

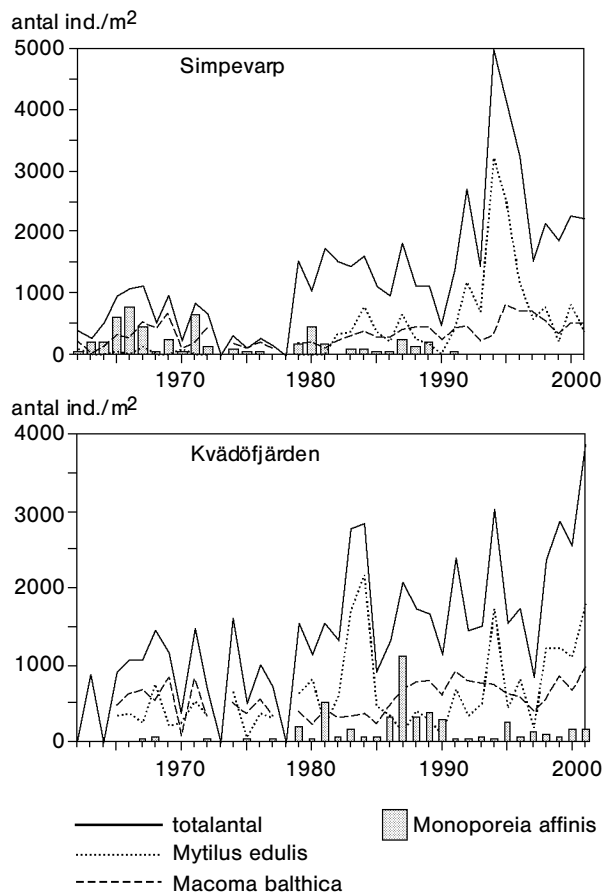
exemplar 1992, medan de i referensområdet ökade i antal tom 1995 (figur 43). Faunan visade tydliga tecken på att syrehalten varit låga 1992, 1994, 1995 och 2001. Förutom fjädermygglarver (figur 44), som är kända för att tåla låga syrehalter, förekom 1992 endast enstaka exemplar av andra arter i proverna. De påföljande åren återfanns fler arter och individer, men de djur som förekom var småvuxna och inga äldre exemplar påträffades, vilket indikerar att återkommande syrebrister hade förekommit de senaste åren. Förekomsten av glattmaskar (*Oligochaeta*) ökade starkt i Simpevarp från mitten av 1990-talet (figur 45) samtidigt som gruppen var ovanlig på lokalen i Kvädöfjärden. Detta kan tas som en indikator på att syrehalten har ökat i området eftersom glattmaskarna är mer känsliga för låga syrehalter än fjädermygglarverna (Verdonschot 1996). Inte



Figur 43. Individtäthet för östersjömussla (*Macoma baltica*) och sandrorstmask (*Pygospio elegans*) på de djupare lokalerna i Simpevarp och Kvädöfjärden.



Figur 44. Individtäthet för fjädermygglarver (*Chironomidae*) och akvatiska glattmaskar (*Oligochaeta*) på de djupare lokalerna i Simpevarp och Kvädöfjärden.

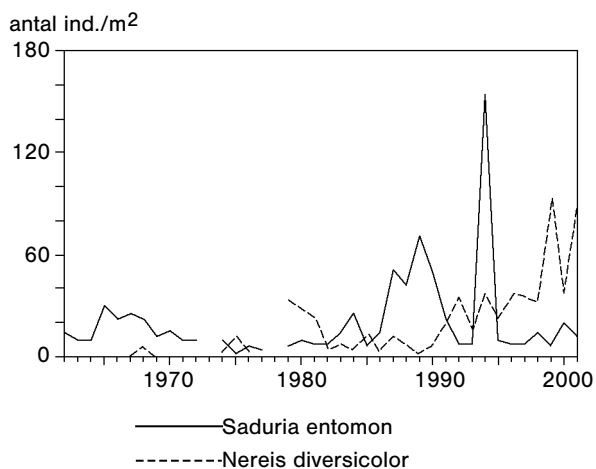


Figur 45. Individtäthet för mjukbottenfaunan totalt och för dominerande arter på den grundare lokalen i Simpevarp och Kvädöfjärden.

heller skorv (*Saduria entomon*), eller tångmärla (*Gammarus sp.*) har funnits i simpevarpsproverna sedan 1997. Anledningen till att skorven har minskat kan vara på att vissa av dess bytesdjur (östersjömusslor, fjädermygglarver och vitmärlor) har minskat i abundans.

Även på de grunda stationerna var samvariationen för individtätheten relativt god och utvecklingen för båda lokalerna visar på en uppåtgående trend som inleddes under 1970-talet (figur 45). Ett systemskifte har skett för lokalen i Simpevarp över åren. Under de första undersökningsåren var vitmärlan den art som mest bidrog till totalantalet, men efter 1981 minskade den i antal och blåmusslan blev den mest förekommande arten, tillsammans med östersjömussla. I Kvädöfjärden har blåmusslor och östersjömusslor dominerat under hela undersökningsperioden (figur 45). Vitmärlan har förekommit även här, men i mindre omfattning, och framför allt under 1980-talet.

Skorven (*Saduria entomon*) har varierat över åren i Simpevarp, men förekom på en låg nivå både vad gäller antal och biomassa, med undantag för 1987–1990 och 1994 (figur 46). Perioden 1996–2001 befann den sig, liksom vitmärlan, på en avsevärt lägre nivå än 1990–1995. Rovborstmasken (*Nereis diversicolor*) ökade under 1990-talet i båda områdena. Ökningen kan tyda på en ökning av organiskt material i sedimentet, då arten, trots sitt namn, livnär sig på plankton och makroalger (Vedel 1998).



Figur 46. Individtäthet för skorv (*Saduria entomon*) och rovborstmask (*Nereis diversicolor*) i Simpevarp.

Referenser

- Anon 1997. *Östersjö '96. Årsrapport från miljöövervakningen i egentliga Östersjön juli 1997*. ISSN:1104-9243. Utgivare: Stockholms Marina Forskningscentrum (SMF).
- Anon 2000. *Östersjö '99. Årsrapport från miljöövervakningen i egentliga Östersjön augusti 2000*. ISSN:1104-9243. Utgivare: Stockholms Marina Forskningscentrum (SMF).
- Anon. 2003. ICES Baltic Fisheries Assessment Working Group, Report for 2003.
- Anon. 2003b. *Bottniska viken 2002. Miljörapport från Bottniska viken*. Utgivare: Umeå Marina Forskningscentrum (UMF).
- Andersson, J. och P. Karås. 1990. *Effects of cooling-water discharges on spring-spawning Baltic herring (Clupea harengus L.)*. Statens naturvårdsverk, Kustlaboratoriet, Opublicerad 19 s.
- Andersson, J., K. Mo, O. Sandström och H. Svedäng. 1996. *Biologiska kontrollundersökningar vid Oskarshamnsverket. Sammanfattning av resultaten t o m 1995*. Kustrapport 1996:5.
- Cardinale, M. och F. Arrhenius. 2000. *Decreasing weight-at-age of Atlantic herring (Clupea harengus) from the Baltic Sea between 1986 and 1996: a statistical analysis*. ICES J. Mar. Sci. Vol. 57, no. 4, pp. 882-893.
- Flinkman, J., Aro, E., Vuorinen, I. och M. Viitasalo. 1998. *Changes in northern Baltic zooplankton and herring nutrition from 1980's to 1990's: Top-down and bottom-up processes at work*. Marine Ecology Progress Series [Mar. Ecol. Prog. Ser.]. Vol. 165, pp. 127-136.
- Grimås, U. och E. Neuman. 1979. *Biologiska och radioekologiska undersökningar vid Oskarshamns kärnkraftverk, Simpevarp, 1962-1978*. Sammanfattning. Statens naturvårdsverk, PM 1173. 20 s.
- Hartmann, S. 1987. Gas bladder nematodes in eel (*Anguilla anguilla*). Fischer und Teichwirt. Nürnberg (FISCH. TEICHWIRT.), vol. 38, no. 1, pp. 2-3.
- Höglund, J. & Andersson, J., 1993. *Prevalence and abundance of Anguillicola crassus in the European eel (Anguilla anguilla) at a thermal discharge site on the Swedish coast*. J. Appl. Ichtyol. 9: 115-122.
- Johansson, B. 1997. *Tolerance of the deposit-feeding Baltic amphipods Monoporeia affinis and Pontoporeia femorata to oxygen deficiency*. Marine Biology, vol. 130, no. 2, pp 209-212.
- Karås, P. 1987. *Food consumption, growth and recruitment in perch (Perca fluviatilis L.)*. Doktorsavhandling. Uppsala Universitet. 126 s.
- Lukšienė, D., Sandström, O., Lounasheimo, L. & Andersson, J., 2000. *The effects of thermal effluent exposure on the gametogenesis of female fish*. Journal of Fish Biology 56(1): 37-50.
- Mo, K. 1990. *Mjukbottenfaunan i Simpevarpsområdet 1983-1989*. Naturvårdsverket Rapport 3786. 31 s.
- Modig, H & Olafsson, E. 1998. *Responses of Baltic benthic invertebrates to hypoxic events*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, vol. 229, no.1, pp. 133-148, 31 Oct 1998.
- Moellmann, C., Kornilovs, G. och L. Sidrevics. 2000. *Long-term dynamics of main mesozooplankton species in the central Baltic Sea*. Plankton Res. Vol. 22, no. 11, pp. 2015-2038.
- Neuman, E. 1974. *Temperaturens inverkan på abborrens (Perca fluviatilis L.) tillväxt och årsklasstorlek i några Östersjöskärgårdar*. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm 6. 104 s.
- Neuman, E. 1979. *Fiskeribiologiska undersökningar vid Oskarshamnsverket åren 1962-1978. En sammanfattning*. Statens naturvårdsverk, PM 1154. 23 s.
- Neuman, E. 1983. *Thermal discharge and fish fauna in Sweden*. Wat. Sci. Tech. 15: 67-87.
- Neuman, E. & Andersson, J. 1990. *Naturvårdsverkets biologiska undersökningar utanför Oskarshamnsverket under 1980-talet*. Statens Naturvårdsverk, SNV Rapport 3780.

- Parmanne, R. 1992. *Changes in the growth of herring in the northern Baltic Sea in 1970–1991*. ICES COUNC. MEET. PAP., ICES, Copenhagen (Denmark), 1992, 14 pp.
- Raid, T. och A. Lankov. 1995. *Recent changes in the growth and feeding of Baltic herring and sprat in the northeastern Baltic Sea*. Proc. Eston. Acad. Sci., Ecol., vol. 5, no. 1–2, pp. 38–55.
- Sandberg-Kilpi, E; Vismann, B; Hagerman, L. 1999. *Tolerance of the Baltic amphipod *Monoporeia affinis* to hypoxia, anoxia and hydrogen sulphide*. Ophelia, vol. 50, no 1, pp.61–68.
- Sandström, O., I. Abrahamsson, J. Andersson och M. Vetemaa. 1997. *Temperature effects on spawning and egg development in Eurasian perch*. Journal of Fish Biology 51:1015–1024.
- Smith, S., Andersson, J., Ambjörn, C., Juhlin, B., Wickström, K., Alexandersson, H., Andersson, L., Förlin, L., Adolfsson-Erici, M., Lindesjö, E. 1999. *Samordnad kustvattenkontroll i Kalmar län*. Femårsrapport samt årsrapport 1999.
- Stephenson, R., Peltonen, H., Kuikka, S., Poenni, J., Rahikainen, M., Aro, E. och J. Setaelae. 2001. *Linking biological and industrial aspects of the Finnish commercial herring fishery in the northern Baltic Sea Herring. Expectations for a New Millennium*. pp. 741–760. Lowell Wakefield Fish. Symp. Ser. no. 18.
- Svärdson, G. 1961. *Ingen effekt av sikodlingen i Kalmarsund*. Svensk Fiskeri Tidsskrift 70:23–26.
- Thulin, J., Andersson J. och J. Höglund. 1990. *Fish diseases in a thermal discharge area in the Baltic*. Fiskeriverket, Kustlaboratoriet. Arbetsrapport.
- Thoresson, G. 1992. *Handbok för kustundersökningar. Recipientkontroll*. Fiskeriverket Kustrapport 1992:4.
- Thoresson, G. 1996a. *Metoder för övervakning av kustfiskbestånd*. Fiskeriverket Kustrapport 1996:3.
- Thoresson, G. 1996b. *Handbok för kustundersökningar. Referensområden*. Fiskeriverket Kustrapport 1996:7.
- Van Der Kraak & Pankhurst. 1996. *Effect of holding temperature on ovulation, egg fertility, plasma levels of reproductive hormones and in vitro ovarian steroidogenesis in the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss**. Aquaculture, vol. 146, no. 3–4, pp. 277–290.
- Vedel, A. 1998. *Phytoplankton depletion in the Benthic boundary layer caused by suspension-feeding *Nereis Diversicolor* (*Polychaeta*): Grazing impact and effect of temperature*. Marine Ecology Progress Series, vol.163, pp. 125–133.
- Verdonschot, PMF. 1996. *Oligochaetes and eutrofication; an experiment over four years in outdoor mesocosms*. Aquatic oligochaete biology 6, Kluwe academic publishers, Dordrecht (the Netherlands), Dec 1996, pp. 169–183, Development Hydrobiology, no. 115.
- Wickström, K. 1990. *Oskarshamnsverket Kylvattenutsläpp i havet. Slutrapport från oceanografiska undersökningar utanför Oskarshamnsverket med tre block i drift*. SMHI Oceanografi, 34. 40 pp.
- Ådjers, K., M. Appelberg, R. Eschbaum, A. Lappalainen och L. Lozys. 2001. *Coastal Fish Monitoring in Baltic Reference Areas 2000*. Kala- ja riistaraportteja nro 229. 14 s.

Fiskeriverket, som är den statliga myndigheten för fiske, vattenbruk och fiskevård i Sverige, ska verka för en ansvarsfull hushållning med fisktillgångarna, så att de ska kunna utnyttjas långsiktigt i ett uthålligt fiske av olika slag.

Finfo är en rapportserie för den kunskap som produceras på Fiskeriverket. Den vänder sig till andra myndigheter och beslutsfattare, forskare, studerande och andra yrkesverksamma inom fiske och vattenmiljö samt till den intresserade allmänheten.

Finforapporterna ges ut av Fiskeriverket och kan laddas ned gratis från vår hemsida eller beställas i tryckt form mot expeditionsavgift.



FISKERIVERKET



fiskeriverket@fiskeriverket.se
www.fiskeriverket.se
Telefon huvudkontorets växel:
031- 743 03 00

Fiskeriverkets huvudkontor
Ekelundsgatan 1,
Box 423, 401 26 Göteborg

**Fiskeriverkets
havsfiskelaboratorium**

Turistgatan 5
Box 4, 453 21 Lysekil

Utövägen 5
71 37 Karlskrona

**Fiskeriverkets
kustlaboratorium**

Skolgatan 6
Box 109, 740 71 Öregrund

Skällåkra 411
430 24 Väröbacka, Ringhals

Ävrö 16
572 95 Figeholm, Simpevarp

**Fiskeriverkets
sötvattenslaboratorium**

Stångholmsvägen 2
178 93 Drottningholm

Pappersbruksallén 22
702 15 Örebro

**Fiskeriverkets
utredningskontor**

Ekelundsgatan 1,
Box 423, 401 26 Göteborg

Skeppsbrogatan 9
972 38 Luleå

Stora Torget 3
871 30 Härnösand

**Fiskeriverkets
försöksstationer**

Brobacken
814 94 Älvkarleby

Ävägen 17
840 64 Kälarne

**Fiskeriverkets
forskningsfartyg**

U/F Argos
Box 4054
426 04 Västra Frölunda

U/F Ancylus
Ole Måns gata 14
412 67 Västra Frölunda