

**Vad orsakar de observerade effekterna hos abborre i
Kvädöfjärden? - Resultat från en fördjupad och
integrerad statistisk bearbetning av abborrdata**

Niklas Hanson och Åke Larsson

**Projektredovisning och projektrapport 2008-01-30
(Överenskommelse 212 0753; Dnr 721-4936-07Mm)**

**Inst för Växt- och Miljövetenskaper, Göteborgs universitet
Box 461
SE-405 30 Göteborg**

Redovisning av projektet *Fördjupad statistisk bearbetning av abborrdata* (Överenskommelse 212 0753. Dnr 721-4936-07Mm)

Syftet med projektet har varit att utföra fördjupade och integrerade databearbetningar av tidseriematerial för kustfisk för att få fram bättre underlag för att förklara och bedöma de effekter som observerats hos abborre i kustreferensområden i Östersjön och Bottniska viken.

Resultatredovisning

Under 2007 har samband mellan biologiska variabler och andra miljöfaktorer undersökts genom en statistisk bearbetning av data från främst övervakning av abborre i Kvädöfjärden. Korrelationsanalyser och andra statistiska analyser har gjorts för fysiologiska biomarkörer (främst EROD och GSI), populationsmått (såsom tillväxt), vattentemperatur och avrinningsdata.

De viktigaste resultaten presenteras i bifogad *projektrapport*. Den stigande vattentemperaturen är en rimlig förklaring till förändringen i abborrens och storlek. Däremot finns inget som tyder på att temperaturen skulle vara främsta orsaken till den kraftiga ökningen av EROD-aktiviteten och den minskade storleken på gonader hos honabborrar. Det påvisade sambandet mellan EROD och GSI pekar mot att det är långtidsexponering för miljögifter som ger upphov till minskad gonadstorlek. Preliminära data visar en korrelation mellan EROD och PAH-fluorescens i gallan hos abborre, vilket indikerar att exponering för PAHer kan vara en möjlig förklaring till den ökade EROD-aktiviteten. Även den negativa effekten på gonadtillväxten skulle kunna förklaras av en kronisk PAH-exponering. En god korrelation till flödet i den närbelägna Vindån antyder att avrinning från land skulle kunna vara en källa för PAHer eller andra potenta miljögifter i Kvädöfjärden.

Resultaten av den statistiska bearbetningen har fortlöpande presenterats och diskuterats vid möten i gruppen för Integrerad kustfiskövervakning under 2007. Resultaten rörande PAHers roll i effektbilden kommer att kompletteras med kemiska analyser på ett större material av abborrgalla från olika år i tidserien. De hittills erhållna resultaten och kompletterande PAH-data kommer att ingå i en *vetenskaplig artikel* som påbörjats och som beräknas bli klar under 2008

Ekonomisk redovisning

Det tilldelade medel (42 000 kr) har använts för lön (10 % deltidssassistent) till doktorand Niklas Hanson under ca 5 månader.

Lönekostnad för statistisk bearbetning	30 700 kr
Administrativa avgifter GU (37 %)	11 300 kr
Total projektkostnad	42 000 kr

Vad orsakar de observerade effekterna hos abborre i Kvädöfjärden?

Bakgrund

Sedan slutet av 80-talet har ett antal biomarkörer analyserats hos abborre (20-30cm) i Kvädöfjärden. En **ökning i EROD** samt en **minskning i relativ gonadstorlek (GSI)** har observerats. Ökningen i EROD antyder en ökad exponering för miljögifter och minskningen i GSI kan vara ett tecken på försämrad reproduktionskapacitet hos abborren. Utöver dessa trender i två biomarkörer har en ökad individuell tillväxthastighet noterats, vilket leder till att abborrarna vid en viss ålder är större idag än i slutet av 80-talet.

Två alternativa förklaringar till de observerade tidstrenderna har framförts; **ökad vattentemperatur** samt **ökad exponering för miljögifter**. Minskningen i GSI har skett samtidigt som en ökning i vattentemperatur och ökad EROD aktivitet. Det betyder att GSI automatiskt korrelerar i viss grad till både EROD och temperatur, likaså korrelerar EROD till vattentemperatur, etc. Detta gör att det blir vanskligt att bara se till signifikanta samband, då de samband man hittar mycket väl kan vara oberoende. Ett alternativ är att göra en bedömning av vilken faktor som bäst förklarar förändringarna som har observerats.

Ökad temperatur:

Ökad medeltemperatur i vattnet anses vara den huvudsakliga orsaken till att abborrarna växer snabbare. Det finns även studier som visar att GSI blir lägre då temperaturen är högre. Vidare kan ökade temperaturer, åtminstone i teorin, ge upphov till sekundära effekter som förklarar de observerade förändringarna. Ökad storlek ger lägre snittålder i storleksintervallet 20-30 cm, vilket även det kan vara en bidragande orsak till minskningen i gonadstorlek och EROD.

Miljögifter från avrinning:

Under de senaste decennierna har en ökad nederbörd lett till ökad avrinning från land. Detta kan eventuellt leda till ökad tillförsel av miljögifter till kustområden från land. Med hjälp av flödesdata från SMHI korrelerades också EROD till det genomsnittliga flödet i den närbelägna ån Vindån.

Polyaromatiska kolväten (PAHer):

En grupp miljögifter som är kända för att inducera EROD och även ha en negativ påverkan på gonadutvecklingen är polyaromatiska kolväten (PAHer). PAHer metaboliseras relativt fort i högre djur, t ex fisk. Det är därför svårt att hitta höga halter av dessa ämnen i fisk. Ett alternativ kan vara att undersöka PAHer i gallvätskan hos fisken. Gallan är en viktig utsöndringsväg för metaboliserade PAHer. I en specialstudie undersöktes djupfryst galla från 2006 och 2003, vilka är de år med högst respektive lägst aktivitet av EROD i hela tidsserien. Gallorna analyserades med avseende på fluorescens av PAH metaboliter, vilket ger en semikvantitativ bedömning av PAH halterna. Detta innebär att man inte får några exakta halter men kan se den relativa skillnaden mellan prover.

Effekt av temperatur på EROD, GSI och Storlek

För att få ett mått på temperaturen under fiskens totala livstid summerades temperaturen för månaderna maj-oktober. Den summerade temperaturen korrelerades sedan till EROD, GSI och storlek, och jämfördes med motsvarande korrelationer till provtagningsår (Tabell 1).

För storlek var korrelationen bättre till temperatur än till provtagningsår, för EROD och GSI blev dock korrelationen sämre.

Tabell 1. Korrelationer (R^2 -värden), samtliga klasser. *= $p < 0.05$, **= $p < 0.01$, ***= $p < 0.001$

	Storlek	EROD	GSI
Tid	0.43***	0.11*	0.37***
Temperatur	0.54***	0.03	0.12*

Samma trender var tydliga då korrelationerna delades upp på olika åldersklasser (Tabell 2).

Tabell 2. Korrelationer (R^2 -värden) uppdelat på åldersklasser

	Storlek				EROD			GSI		
	3+	4+	5+	6+	4+	5+	6+	4+	5+	6+
Tid	0.35	0.54	0.43	0.48	0.13	0.30	0.03	0.43	0.44	0.23
Temperatur	0.45	0.55	0.65	0.64	0.04	0.06	0.01	0.28	0.13	0.01

Korrelationer EROD/GSI och EROD/Storlek

Ett alternativ till att det är den ökande vattentemperaturen som är drivande till förändringarna är att det är ett miljögift som påverkat fisken så att mer resurser satsas på tillväxt och mindre på utvecklingen av gonader. Eftersom EROD är ett bra mått på exponering för kända och okända miljögifter kan det vara en god idé att testa sambandet mellan EROD och GSI, samt mellan EROD och storlek. Dessvärre finns det ett naturligt (negativt) samband mellan EROD och GSI som kan bidra till en signifikant korrelation. För att testa detta korrelerades även GSI till EROD under provtagningsåret.

Summan av uppmätta EROD-värden under fiskens livstid korrelerades här till GSI och storlek (Fig.2, Tabell 3). För att undvika skevhet i data p g a förändringar i ålder under perioden användes bara fiskar av åldersklassen 4+ för att beräkna det årliga EROD-medelvärdet.

Resultaten visade att EROD förklarade variationen i GSI bättre än vad tid gjorde. För storlek blev dock korrelationen sämre då EROD användes (Tabell 3).

Tabell 3. Korrelation (R^2 -värden), samtliga åldersklasser

	GSI	Storlek
Tid	0.17**	0.36***
EROD	0.27***	0.11*

Återigen upprepades samma mönster då analysen delades upp på åldersklasser (Tabell 4). För GSI gav EROD den bästa korrelationen för alla åldersklasser, för storlek var det istället tid som korrelerade bäst.

Tabell 4. Korrelationer (R^2 -värden) uppdelat på åldersklasser.

	GSI				Storlek			
	3+	4+	5+	6+	3+	4+	5+	6+
Tid	0.47	0.01	0.13	0.36	0.41	0.47	0.34	0.39
EROD	0.55	0.06	0.27	0.50	0.14	0.12	0.06	0.12

Även korrelationen mellan GSI och EROD under samma år testades, dock med en sämre förklaringsgrad som följd ($R^2=0.06$, $p=0.15$).

Avrinning från land

För en av åldersklasserna gav det genomsnittliga flödet de 20 sista dagarna innan provtagning en avsevärt bättre korrelation till EROD än vad tid gjorde (Tabell 5). För de andra åldersklasserna var tidskorrelationen något bättre. Den relativt goda korrelationen till flödet kan möjligen förklaras med att det är två oberoende tidstrender, nämligen EROD och flöde. I samtliga fall var dock korrelationen mellan det genomsnittliga flödet 20 dagar innan provtagning betydligt bättre än korrelationen till flödet de sista 100 dagarna. Detta är något förvånande eftersom tidstrenden för flödet de sista 100 dagarna innan provtagning är starkare än den för 20 dagar. Det skulle alltså vara troligare att en ”felaktig” korrelation uppstod mellan EROD och 100 dagars-flödet. För gonadstorleken var korrelationen till vattenflöde genomgående dålig.

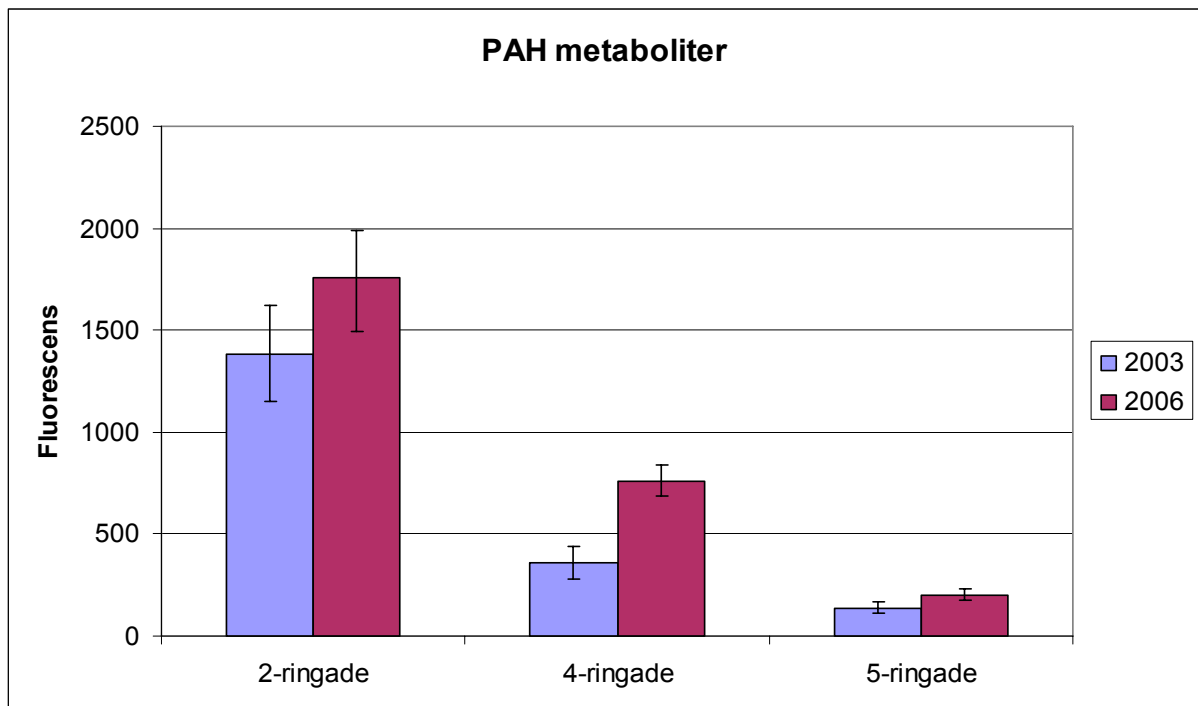
Tabell 5. Korrelationer (R^2 -värden) uppdelat på åldersklasser.

	EROD				GSI			
	3+	4+	5+	6+	3+	4+	5+	6+
Tid	0,07	0,23	0,39	0,08	0,52	0,38	0,39	0,24
Flöde 20	0,52	0,18	0,27	0,03	0,07	0,00	0,00	0,05
Flöde 100	0,02	0,01	0,02	0,13	0,07	0,02	0,07	0,01

En möjlig tolkning av resultaten är att flödet den sista tiden innan provtagning faktiskt har betydelse för EROD aktiviteten men att förändringen i flöde över tid antingen inte är den enda faktorn som påverkar EROD eller att genomsnittsfloppet de sista 20 dagarna inte är en särskilt bra måttstock. Man kan till exempel tänka sig att flödet ett visst antal dagar innan provtagning är viktigast och sen minskar flödets betydelse med tiden till provtagning. Att skapa en viktad modell av den typen skulle dock vara allt för komplicerat för denna analys.

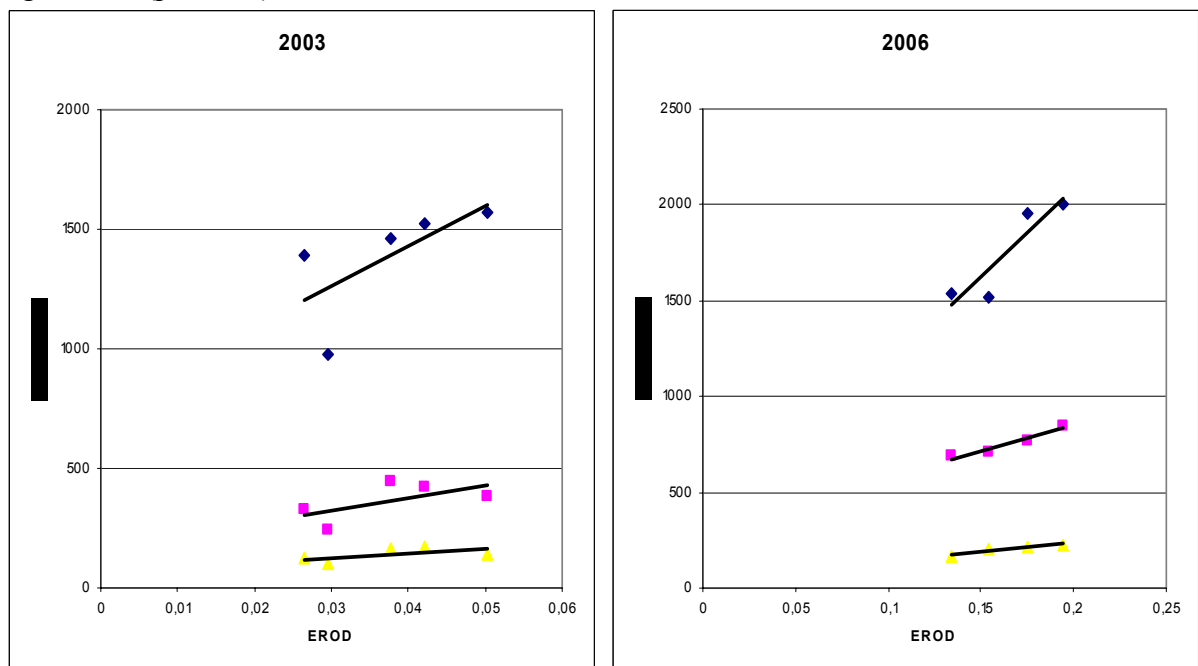
PAH metaboliter i galla

Fluorescensanalys av PAH metaboliter i galla (uppdelat på 2-, 4-, och 5-ringade PAHer) visade att det fanns en större koncentration av PAHer i gallan under 2006 än under 2003 (Figur 1). Detta antyder att PAHer kan vara en möjlig orsak till den högre EROD aktiviteten under 2006.



Figur 1. PAH metaboliter i galla från Abborre i Kvädöfjärden åren 2003 och 2006.

En nackdel med analys av galla är att koncentrationen av vissa ämnen kan bero på födostatusen hos fisken. Eftersom tillgången på föda kan variera mellan år kan man inte helt lita på resultaten då man jämför olika år. Dessutom finns det en risk för att den längre lagringstiden av gallan från 2003 kan ha en viss påverkan på resultaten. För att undvika dessa problem utfördes också korrelationer mellan EROD aktivitet och PAH fluorescens inom respektive år (Figur 2). Eftersom gallproverna var poolade med fem individer i varje prov togs medelvärden för EROD av samma individer med i korrelationen. För 2-ringade och 4-ringade PAHer var korrelationen signifikant och för 5-ringade PAHer var korrelationen nästan signifikant ($p=0,057$).



Figur 2. Ökad fluorescens ger ökad EROD aktivitet.

Sammanfattning

Stigande vattentemperatur i området är en rimlig förklaring till den förändring som observerats i tillväxthastighet och storlek. Det finns dock inget som tyder på att det är temperaturen som skulle vara orsaken till förändringarna i EROD och GSI.

Sambandet mellan EROD och GSI är intressant och kan vara ett tecken på att det är långtidsexponering för miljögifter som orsakar minskningen i gonadstorlek. Det finns, via estradiol, ett känt negativt samband mellan GSI och EROD. Korrelationen mellan GSI och EROD för provtagningsåret var dock dålig så det är inte troligt att detta bidragit till de observerade effekterna.

Korrelationerna mellan EROD aktivitet och PAH fluorescens, samt de högre fluorescensvärdena under 2006 jämfört med 2003, antyder att PAHer kan vara en bidragande orsak till de ökande EROD värdena i Kvädöfjärden. Om PAHer är orsaken till denna ökning så stämmer det också bra in på den observerade kopplingen mellan EROD aktivitet under fiskens livstid och gonadstorlek, eftersom flera studier har visat att en långtidsexponering för vissa PAHer kan påverka gonadtillväxten negativt. Studier av flödet i den närbenägna Vindån antyder att avrinning från land är en möjlig källa till PAHer i Kvädöfjärden.