

Tillväxt och genetisk variation bland västkustens havsöringar



Jonatan Johansson

Examensarbete för naturvetenskaplig magisterexamen i Biologi

**Ekologisk Zoologi, 30 hp, vt 2010
Zoologiska institutionen
Göteborgs Universitet**

Handledare: Johan Höjesjö

Examinator: Charlotta Kvamemo



Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
ABSTRACT	3
INTRODUKTION	4
MATERIAL OCH METODER.....	6
INDELNING AV PROVTAGNINGSSOMRÅDEN.....	6
PROVTAGNING	7
ANALYS OCH BERÄKNINGAR	7
RESULTAT	7
DISKUSSION	9
TACK TILL.....	11
REFERENSER	12
TIDSKRIFTER OCH LITTERATUR	12
WEBBSIDOR.....	13
APPENDIX	14
APPENDIX 1: OMRÅDE 1, GÖTEBORG.	14
APPENDIX 2: OMRÅDE 2, TJÖRN/ORUST	15
APPENDIX 3: OMRÅDE 3, KUNGSBACKA.....	16
APPENDIX 4, PROVTAGNINGSMETODIK.....	17
APPENDIX 5, KARTA ÖVER SALINITET OCH OMRÅDESINDELNING FÖR STORLEKSJÄMFÖRELSE VÄSTKUSTEN.	18

Sammanfattning

Havsöringens (*Salmo trutta*) beteenden och biologiska status längs svenska västkusten är dåligt dokumenterade och syftet med denna studien är att undersöka tillväxt och släktskap hos ett antal havsöringar fångade längs med kusten. Genom att samla in fjäll, otoliter samt DNA-prover från havsöringar kan vi ta reda på fiskens ålder, tillväxt och släktskap. Fjäll och otoliter samlades in från tre lokaler, Göteborg (1), Tjörn/Orust (2) och Kungsbacka (1). Resultatet visar att, storleken och tillväxten bland havsöringsbeståndet inte skiljer sig signifikant mellan område 1 och 2. En jämförelse med område 3 var ej genomförbart beroende på litet provantal. Resultatet av den genetiska undersökningen tyder på att stickproven från de tre områdena omfattar fisk från flera genetiskt olika populationer. Näst intill signifikanta resultat visar också på att populationerna mellan områdena skiljer sig åt. För att kunna ta reda på populationernas sammansättning i havet och hur stort genetiskt utbyte som sker mellan områdena behövs fler prover från Kungsbacka. Man bör dessutom ta prover från de främsta lekområdena inom varje område för att kunna se var öringen i havet härstammar från. Havsöringens ekologi diskuteras.

Abstract

The anadromous sea-trout (*Salmo trutta*) behaviour and status through the Swedish west coast is poorly documented. In this study, samples of scales and otoliths were collected in order to examine the genetic relationships and differences in growth between populations of sea-trout on the west coast of Sweden. Samples were collected from three areas; Göteborg (1), Tjörn/Orust (2) and Kungsbacka (3). There were no significant differences in growth and size between area 1 and 2. A comparison with area 3 was impossible due to a small sample size. The genetic comparison indicates that the individuals from the three areas descend from different populations. In agreement, almost significant results indicate that the mixture of populations differ within areas. In order to get a more certain result, an extended amount of samples is needed primarily from Kungsbacka but also from spawning areas. This would enable us to understand where the sea trout, used in this study originated from. The ecology of the sea trout is discussed.

Introduktion

Havsöringen, (*Salmo trutta*) har en väl dokumenterad ekologi. Forskning och studier har bedrivits under decennier och många har försökt beskriva denna mångsidiga art. En forskare som vikt en stor del av sitt liv till öringen är J.M. Elliot. I boken, *Quantitative ecology and the brown trout*, från 1994 sammanfattar han information och kunskap som idag ligger till grund för många forskares arbeten. Elliot (1994) beskriver öringen som en art med mångsidiga livsstrategier där det finns stora ekologiska skillnader mellan populationerna. Valet av livsstrategi påverkas i mångt och mycket av fiskens omgivning. Abiotiska och biotiska faktorer såsom väder, konkurrens inom arten och predation kan komma att återspeglas i fiskens tillväxt, fortplantning och val av livsstrategi (för ytterligare information se Degerman et al. 2001).

Tre livsstrategier.

Havsöring kallas de öringar som väljer att utvandra till havet för tillväxt och sedan efter 1-3 år återvända till vattendraget för att leka (anadrom livsstrategi). Dessa fiskar blir i regel större än övriga individer med andra strategier (Degerman et al. 2001; Elliot, 1994). Den främsta orsaken för migration till havet är en snabb ökning i storlek (Leeuw et al. 2006)

Bäcköring är individer som p.g.a. artificiella eller naturliga hinder avsnörts från möjligheten att kunna vandra ut i havet. Öringen kan även välja detta levnadssätt som en anpassning till sämre överlevnad i havet (predation och hög salinitet) och konkurrens vid parning (utvecklar sneakerbeteende). Att vara liten kan vara gynnsamt och faktiskt höja individens fitness om förhållandena är svåra (Degerman et al. 2001)

Finnock kallas de öringar som efter en kort period i havet, oftast bara 2-6 månader återvänder till vattendraget för lek. Fisken är, i detta fall sällan större än 25-35 cm vid första lektillfället. Denna strategi gynnas av vattendrag med lågt predationstryck, korta vandringar och god näringstillförsel samtidigt som det är hög dödlighet i havet (Degerman et al. 2001). Finnock har i regel långsam tillväxt.

Flera studier visar att det främst är hanar som anammar strategier för låg tillväxt (Elliot 1994). Predation, konkurrens och temperatur avgör vilken livshistoria som selekteras fram av öringen. Låga temperaturer i kombination med högre salinitet ger kortare tillväxtp perioder i havet (finnock) samt högre ålder och medelstorlek bland utvandrande smolt (L'Abée-Lund, 1989). Hindar et al. (1991) upptäckte efter studier av ett öringbestånd i norska Dyrvofloden att det fanns uppemot 100 hanar men endast 10 honor som levde som bäcköringar. Det låga antalet honor medförde att hanarna gynnas av att leka med anadroma honor. Anledningen till att finnock och bäcköring främst består av hanar är den lägre mängd energi de behöver lägga på reproduktiva organ. Detta innebär att de inte behöver lika långa perioder av födosök för att klara av en lek. Stora honor kan bilda fler ägg och därmed öka sin reproduktiva framgång. En hona lägger ned >30% av sin energi på gonadtillväxt och blir därmed mer risktagande än hanarna (Knutsen et al. 2004; Elliot 1994; Jonsson & Jonsson, 2009). Antalet anadroma öringar domineras därför av honor, som därmed utsätter sig för ökad dödlighet jämfört med hanarna (Hindar et al. 1991).



Typisk västkustöring, 40 cm och lätt lekfärgad.
Foto: J. Johansson

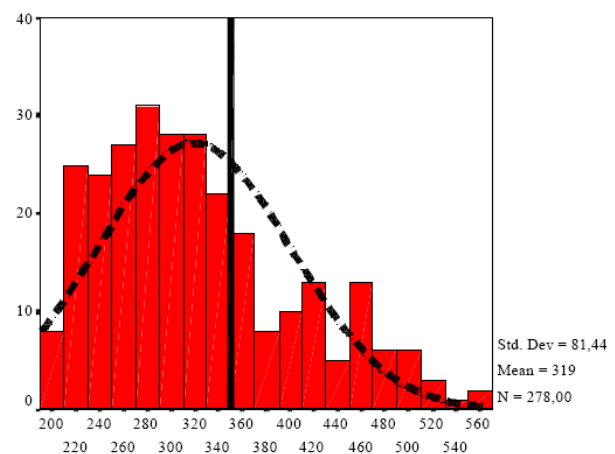
I regel leker västkustens öringar under hösten och påbörjar sin vandring i september. Ett undantag är fisk som måste vandra längre sträckor för att nå sina lekrområden. Fisk som leker i Lilla Edet (Göta älv) norr om Göteborg påbörjar sin vandring redan under sommaren (Degerman et al. 2001). Abiotiska faktorer kan också påverka fiskens vandring. Då många vattendrag längs västkusten är små spelar vattenfluktuationer stor roll för fisken när den skall påbörja sin stigning och utvandring (Rikardsen et al, 2006).

Efter leken vandrar fisken ut till havet igen. Detta sker i vissa fall direkt eller inom 4-6 månader. Var fisken sedan tar vägen beror på en rad faktorer. Vid särskilt hårda förhållanden med hög salinitet och låga temperaturer i havet ökar andelen individer som övervintrar i ån eller dess utlopp. I regel är detta ett beteende som ökar med nordliga breddgrader. Övervintring i sötvatten ger ökad överlevnad på bekostnad av tillväxt (Degerman et al. 2001; Rikardsen, 2006; Jonsson & Jonsson 2009). En annan faktor som spelar in på öringens beteende är vattendragets storlek. I större norska vattendrag övervintrar en övervägande del av migrerande öring i flodmynningen. I mindre vattendrag längs Norska sydkusten visade öringen motsatt beteende och utvandrade till havet kort efter leken. Migrationen dominerades av honor (65 % test of binomial distribution) men det fanns även en övervägande del icke könsmogna individer (Knutsen, 2004).

Svärdsson och Fagerström (1982) utförde experiment i flera vattendrag längs Skånes sydkust och fann att utvandrande smolt var beroende av strömmar i sin orientering och vandring, ifrån och tillbaka till utsläppsplatsen/lekbäcken. Fisk stannade ute långa perioder till havs och vissa återfångades mer än 100 mil från lekvattnet. I detta fall följde fisken nordöstliga strömmar mot Gotland. Längs södra västkusten finns få strukturer som kan mildra de hårda strömmar som pressar fisken norrut, i vissa fall ända till Norska Bergen. Återfångsten av odlade öringsmolt från Nissan i Halmstad gjordes 34 % inom 20 km från utsättningsplatsen, 44 % inom 50 km och hela 27 % 200 km därifrån (Degerman et al. 2001). Den största delen av migrerande fisk stannar dock i närheten av födsloplatsen om inte förutsättningarna i havet är allt för extrema (Kallio-Nyberg, 2001). Är strömmarna gynnsamma och havet inrutat av en skyddande skärgård blir driften mindre (Degerman et al. 2001).

Inom en population kan samtliga av ovan beskrivna strategier förekomma. I regel räknas en population av öring härstamma från en och samma bäck. Öringen har ett starkt homingbeteende, dvs. den återvänder till platsen där den föddes för att leka (Elliot, 1994). Detta beteende gör att fisken isoleras med litet eller inget genetiskt utbyte med andra bestånd. Vissa undersökningar har dessutom visat att genetisk differentiering även kan uppstå inom ett åsystem (Ayllon, et al. 2005; Samuiloviene et al. 2009). Många forskare anser att homingbeteendet hos öringen är exakt men man bör komma ihåg att det inte alltid varit så. Efter senaste istidens framfart fanns otaliga vattendrag utan öring som snart återkoloniserades av anadroma individer härstammandes från åar bortanför isens utbredning. Positiv selektion gynnade felvandrarbeteendet hos dessa individer och möjliggjorde spridningen av arten (Elliot, 1994; Svärdsson, 1982). Det finns även färskt exempel på att "straying" eller felvandringar

förekommer. I det norska vattendraget Vardneselva beräknades felvandringen vara minst 15,5 % och studier från Skottland och Sverige stödjer teorin (Berg & Berg 1987, Hovgaard et al. 2006, Svärdsson 1982). Fisk som felvandrar kommer oftast från en närliggande bäck och härstammar mer sällan från områden längre bort (Knutsen et al. 2001). Den



Figur 1. Längdfördelning för det samlade materialet av lekande öring (ström-levande+ havsvandrande) från Broälven 1984-1990. Minimimåttet var vid denna period 350mm, vilket markerats med en lodrät linje. Data: Key Höglind (Degerman et al. 2001)

genetiska differentieringen mellan vattendrag påverkas av geografiska faktorer och det tycks finnas ett samband mellan genetiska och geografiska avstånd (Hansen 1998; Hovgaard et al. 2006; Jonsson 2007; Hansen 2007).

Forskare och fritidsfiskare har länge haft uppfattningen att havsöringen blir större ju längre söderut man kommer (Muntligen Stig Thörnqvist, 2009). I Fiskeriverket informerar från 2001 kan man läsa om flera studier som stöder detta påstående. Än så länge har man inte kunnat enas om vad som kan ligga bakom variationen i storlek. En teori är att skillnader i fiske och predationstryck i kombination med andra faktorer, exempelvis variation i salinitet gynnar livsstrategier med liten tillväxt. Detta leder i sin tur till minskad medellängd bland västkustens öringar. Öringens inre salthalt (salinitet) ligger kring 9 promille. Fisken kring Göteborg får därmed lägga stor energi, upp till 30 % av det samlade energiintaget på osmosregulation. I Östersjön ligger saliniteten mellan 6-10 promille vilket ger en optimal miljö för havsöringen. Den stabila saliniteten innebär att fisken kan stanna till havs längre perioder och på så vis växa sig större (Svärdsson, 1982; Degerman et al. 2001). Under upprepade studier i Tjöstelserödsån, Ljungskile upptäckte Key Höglind (Länsstyrelsen Västra Götaland) att honorerna i regel var större (medel 420mm) medan hanarna var mindre med en medellängd på 320mm (Degerman et al. 2001). Liknande undersökningar i Broälven, Bohuslän visade på samma resultat. Minimimåttet under denna period var 350 mm och man kunde tydligt se en minskning i antalet större fiskar över måttet (Figur 1). Eftersom honor i regel är större än hanar och uppehåller sig längre i havet drabbas de hårdare av fisket.

En bra kunskap kring de lokala bestånden är viktig för att kunna bedriva en så bra förvaltning som möjligt. Genom att ta reda på lokala betingelser och adaptationer hos öringbestånden kan man anpassa förvaltning och fiskevård därefter. För att detta ska vara möjligt krävs en utökad kunskap om havsöringbeståndet längs västkusten. Syftet med denna undersökning är att förbättra denna kunskap. Studien ämnar ta reda på hur ofta öringen leker och hur länge den stannar i havet. Om möjligt vill jag även undersöka hur stort överlappen är mellan olika populationer och om det sker ett genetiskt utbyte mellan dessa genom "straying". Finns det lokala skillnader i tillväxt? Genom att ta fjäll och otolitprover på öring från havet finns förhoppningen att finna svaren på dessa frågor.

Fjällprover kommer även ge möjligheten att studera fiskens genetiska härkomst i ett försök att urskilja särskilda populationer.

Frågeställningen lyder:

H_1 : Det finns skillnader i tillväxt mellan områdena.

H_0 : Det finns inga skillnader i tillväxt mellan områdena.

H_2 : Områdena skiljer sig genetiskt sinsemellan.

H_0 : Områdena skiljer sig inte genetiskt.

Material och Metoder

Indelning av provtagningsområden

Fem provområden valdes ut inom längs västkusten där högt fisketryck förväntades råda och där kunskapen kring öringbestånden redan var goda (individuella iakttagelser, Key Höglind, Länsstyrelsen Västra Götaland; elfiskeregistret). Områdena är inte utvalda efter någon standardiserad modell utan kan skilja sig från varandra i storlek, fisketryck samt andra abiotiska och biotiska faktorer. Under provtagningsperioden visade det sig svårt att samla ihop tillräckligt med prover från samtliga områden och undersökningen begränsades till de tre områden varifrån jag fick flest prover. Område 1, Göteborg

sträckte sig från Rörvik i norr till stora st Amundön i söder. Område 2, Tjörn/Orust sträckte sig från Skutevik i norr till Ödsmåls mosse i söder. Område 3, Kungsbacka sträckte sig från Sandön i norr till Rågelund i söder. Se appendix 1-3 för områdesindelning.

Provtagning

Inom varje provområde kontaktades aktiva sportfiskare som frivilligt ställde upp och arbetade med provtagning av havsöring. Sammanlagt var 16 sportfiskare delaktiga i projektet. Fångsttekniken var flugfiske/spinnfiske från land/båt med undantag för provområdet kring Göteborg där även landvad användes. Landvadsdragen utfördes i vikar efter mörkrets inbrott. Varje sportfiskare rapporterade fångsten till fiskeriverket via fiskeriverkets hemsida (www.fiskeriverket.se/journalforing). Provtagningstiden fortlöpte mellan 15 april och 31 oktober 2009. Sammanlagt fångades 68 havsöringar; 31 från Göteborg, 23 från Tjörn/Orust och 14 från Kungsbacka. För att inkludera individer inom ett större storleksintervall ansöktes tillstånd för att även fånga undermålig fisk (< 45 cm). Från varje individ insamlades 2 salgittaotoliter samt fjäll för dna och tillväxtanalys. Otoliter och fjäll insamlades enligt fiskeriverkets standardiserade metoder (se appendix 4; webbsidor). Fiskens längd, vikt och lokal för fångsten registrerades. Proverna förvarades i provpåsar av papper.

Analys och beräkningar

Analys av otoliter och fjäll utfördes av personal på Drottningholms sötvattenslaboratorium. Årsringar som bildas på otoliterna visar fiskens ålder. Fjällprover användes för DNA-analys och tillväxtanalys. (Se appendix 4 för metodik). Data från dna-analysen erhöles genom en multiplex-PCR där loci lokaliseras. Analysen bygger på data från 64 individer.

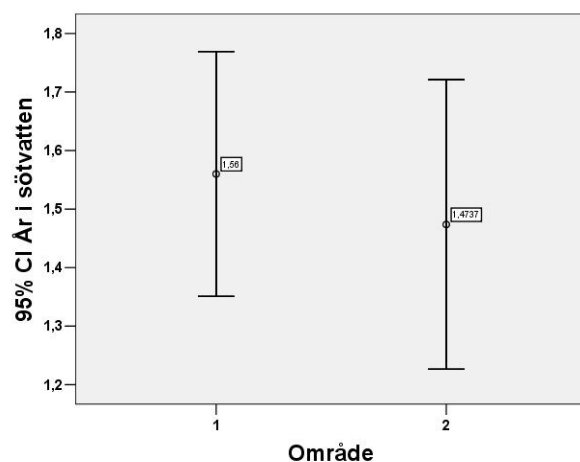
Vid beräkningarna av resultaten från dna-analysen användes STRUCTURE och programmet FSTAT. FSTAT användes vid test för avvikelser från Hardy-Weinberg proportioner (HW) samt kopplingsjämvikt (linkage equilibrium; LE) i totalmaterialet. Sådana avvikelser förväntas i stickprov bestående av individer från flera genetiskt differentierade populationer (Stefan Palm, Uppsala universitet 2009). STRUCTURE användes vid skattningen av det mest troliga antalet genetiska kluster utifrån avvikelser från Hardy-Weinberg proportioner och kopplingsjämvikt i totalmaterialet. Beräkningarna utfördes av personal från Uppsala universitet.

Beräkningar med övriga data såsom längd, tillväxt, år i sötvatten och ålder utfördes av mig och Johan Höjesjö i statistikprogrammen SPSS och SYSTAT. För att jämföra skillnader i individstorlek mellan Göteborg – Tjörn/Orust användes Mann – Whitney test (SPSS). Vid beräkningar av skillnader i tillväxt per år mellan områdena användes Regression och Anova (SYSTAT).

Resultat

Av 52 havsöringar kunde man fastställa tiden för smoltutvandringen till havet för 43 individer. Av dessa var 21 st. ettåringar och 22 st. tvååringar vid utvandring. Det finns dock ingen signifikant skillnad mellan områdena Göteborg och Tjörn/Orust (Fig. 2) (ANOVA: $n=44$, $df=1$, $f=0,310$, $p=0,581$). Sötvattenlaboratoriets analys visar att tillväxten för de öringar som vandrar ut efter ett år i sötvatten är god och att storleken varierar mellan 30-35 cm efter första tillväxtåret i havet (Magnus Kokkin, 2009). Av

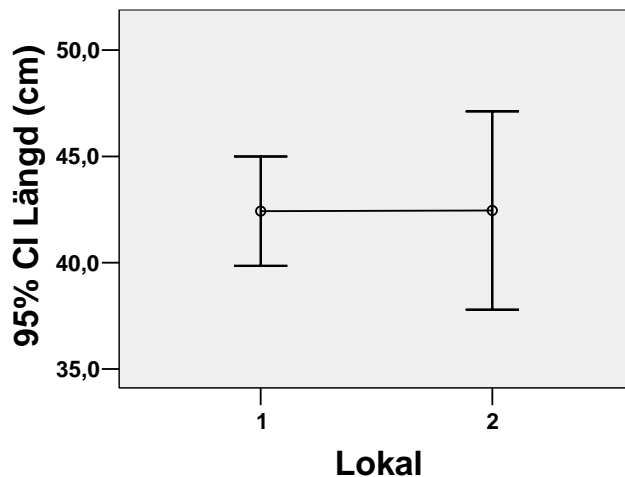
52 fjällprover kunde 43st användas vid tillväxtberäkningarna. Övriga ansågs för skadade eller så saknades det fjäll (1st). Analys



Figur 2 Antal år i sötvatten, jämförelse mellan Göteborg, stapel 1 (medelvärde 1,56) och Tjörn/Orust, stapel 2 (medelvärde 1,47).

av tillväxtdata med lokal, individ och år som oberoende parametrar fanns ingen skillnad mellan provområdena Göteborg och Tjörn/Orust ($p > 0.1$). Det finns heller ingen skillnad mellan individerna ($p > 0.1$). Tillväxten skiljer sig dock signifikant åt mellan olika åldrar (ANOVA: $p < 0,001$, $t = 30.16$, $df = 40$).

Storleken på den fångade fisken skiljer sig heller inte signifikant mellan Göteborg och Tjörn/Orust (Mann – Whitney: $p > 0.1$ (Fig. 3)).



Figur 3. Jämförelse i längd mellan område 1, Göteborg och område 2, Tjörn/Orust

Det gick inte att fastställa hur ofta varje individ lekt under sitt levnadsår baserat på fjällanalyser. Man kunde heller inte se hur lång tid varje individ befunnit sig i havet mellan varje lektillfälle. Därmed gick det inte att fastställa om det finns några skillnader mellan provområdena. Data anses vara allt för osäker för att kunna användas i en statistisk analys.

Resultatet av den genetiska undersökningen tyder på att stickproven från de tre områdena omfattar fisk från flera genetiskt differentierade populationer. Näst intill signifikanta resultat tyder på att populationsblandningen vid Tjörn/Orust skiljer sig från Kungsbacka och Göteborg (Tabell.1).

Tabell 1. F_{ST} - andelen av den totala variationen som består av allelfrekvensskillnader mellan de jämförda stickproven/populationerna

Områden som jämförs	FST	P-värde
Göteborg vs Tjörn/Orust	0,004	0,063
Göteborg vs Kungsbacka	0,010	0,405

Tjörn/Orust vs Kungsbacka	0,011	0,061
------------------------------	-------	-------

Diskussion

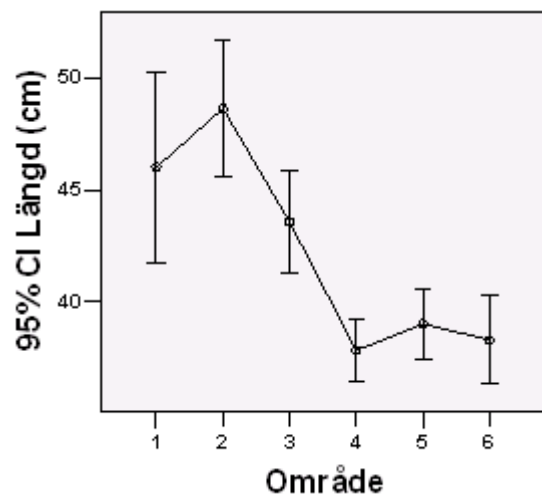
Studien kan ses som en pilotstudie vars främsta syfte är att starta en datainsamling för att skapa en faktabas som fortsatta forskningsprojekt kan utgå ifrån. Kunskapen kring öringens olika livsstrategier på lokal nivå är relativt dåligt dokumenterad med undantag av några få vattendrag. Det krävs längre, utökade undersökningar om man skall kunna påvisa några ekologiska skillnader mellan populationerna.

Vid tidigare studier av lax och öring från Östersjön har man använt fjäll för att fastställa när fisken lekt. Leken avspeglas som eroderade zoner på fjällen (Magnus Kokkin, 2009). Tyvärr visade det sig under projektets gång att fjällen från västkustens havsöringar var särskilt svåra att analysera. Resultatet av analysförsöket medförde därmed att mängden användbar data minskade. Hur ofta varje individ lekt kunde endast bestämmas hos 11 fiskar, dock med viss osäkerhet. Hur länge fisken spenderade i havet innan den återvände till sötvatten gick heller inte att se. Resultatet av tillväxtanalysen visar inga skillnader mellan Göteborg och Tjörn/Orustområdet. Detta är förväntade resultat eftersom områdena ligger i närheten av varandra och öringen har liknande förutsättningar. Fiskens ålder vid smoltmigration var relativt lika mellan områdena med ett medelvärde på 1,5 år. Tidigare undersökningar gav ett medel runt 2 år för västkustöringen. Bohlin (muntligen 2010) fann under en studie i Norumsån att de största individerna migrerade först under säsongen medan de mindre fiskarna stannade ytterligare ett tag. Man upptäckte även att fisken slutade äta under augusti månad. En teori är att individen känner av att den gynnas av ett extra år i vattendraget och lägger inte ned onödig energi på ett utökat födosök. Fisk med sen migration har alltså inte samma tillväxtbehov som de individer som migrerar tidigt. De två strategierna hos smolten kan vara en adaptation framselektad av konkurrens inom vattendraget.

En intressant upptäckt under projektet var den snabba tillväxten hos fisk som vandrade ut redan vid ett år. Magnus Kokkin (2009) fann att fisken nästintill fördubblade sin storlek under första tillväxtåret i havet (30-35 cm). En snabb somatisk tillväxt ger en bättre överlevnad vid predation eftersom predatorer begränsas av sitt gapomfång (Jonsson, 2009). En sådan fördel borde gynna ett beteende med tidig migration. I inledningen beskrev jag hur Knutsen (2004) upptäckte att öring i södra Norge (Skagerrak) vandrade ut från mindre vattendrag till havet direkt efter leken. Eftersom mindre vattendrag erbjuder sämre övervintringsförhållanden än större vattendrag så tvingas öringen ut i ett tidigare skede och kan snabbare uppta födosök. Knutsen fann även att det var främst honor som övervintrade i havet och sannolikheten att fångad fisk hade föda i magen ökade med fiskens storlek. Det tycks alltså vara så att stor fisk gynnas av övervintring i havet. Efterföljande studier stöder Knutsens forskning. Jonsson (2009) fann att öring som övervintrade i havet hade en högre medeltillväxt än de som stannade i sötvatten. Olsen (2006) fann inga signifikanta resultat för att fisken tillväxte snabbare men att det fanns tecken på att vinteröverlevnaden ökade samt att migrationskostnader hos juvenil fisk minskade. Om teorin stämmer borde områden med övervägande mindre vattendrag producera individer med större medelvikt och bättre fitness! Att finna bevis för ett sådant påstående skulle dock bli svårt eftersom det inte går att utesluta andra faktorer som påverkar fiskens tillväxt och val av strategi. Det är exempelvis vedertaget att öringens tillväxt minskar drastiskt efter första leken (Degerman, 2001). Eftersom båda övervintringsstrategierna är vanligt förekommande längs västkusten bör inte vinsten vara övervägande större för någon av strategierna. Det finns tydliga nackdelar med båda alternativen. Energiupptaget är mindre i sötvatten och fisken är

känslig för förändringar i ett instabilt habitat med varierande temperaturer och faror som bottenfrysning etc. Nackdelarna med en vistelse till havs är högre predation och osmotisk stress (Degerman, 2001, Olsen (2006). Troligtvis är den energi som går åt till reglering av osmosen för hög för att fisken skall dra större fördelar av övervintring i havet. Korta vandringssträckor i de mindre vattendragen medför dessutom att fisken tjänar på att leka ofta. Resultatet av denna undersökning tyder på att ingen av de ovan beskrivna strategierna dominerar. Generellt sett är olika strategier i ett bestånd med öring bra för den genetiska variationen. Skulle varje fisk migrera samtidigt skulle samma årskull fortplanta sig år efter år och snart ge homogenitet och inavel i populationen (Degerman et al. 2001).

Andelen migrerande ettåringar ökar söderut längs västkusten. Orsaken beror på flera faktorer, bl.a. minskar risken för predation i havet och den lägre saliniteten ger mindre osmotisk stress (Degerman et al. 2001). Den lägre åldern bland migrerande juveniler bidrar till att återvändande lekfisk blir större. Öringen i södra Sverige har dessutom längre tillväxtperioder i havet och blir därmed större än västkustens öringar. Data från Fiskeriverkets journalföring av fritidsfisket och denna undersökning stöder dessa teorier. Signifikanta värden erhöles och resultatet återspeglas tydligt i figur 4 (Test: Kruskal-Wallis $P=0,000$). Kopplingen mellan salinitet och storlek bland öringbestånden blir tydlig när man jämför resultatet i fig. 4 och områdenas utbredning/salinitet i appendix 5. Andra faktorer som påverkar fiskens tillväxt är vattendragets storlek och näringshalt. Stora vattendrag tillhandahåller i regel mer föda och minskar konkurrensen inom arten. Ett eutrofierat vattendrag med högre näringshalt ger ökad tillväxt bland juveniler och möjliggör migration vid 1 års ålder (Degerman et al. 2001; Muntligen Bohlin, 2010). Tidigare undersökningar har visat att fisk som leker på platser som ligger längre bort från havet blir större jämfört med fisk som vandrar kortare sträckor. Energiförlusten som den långa vandringen och leken innebär gör att fisken gynnas av att stanna längre perioder i havet. De leker därmed färre gånger än fisk som har kortare vandringssträckor men spenderar mer tid på födosök (Jonsson, 2006; Degerman, 2001). Att vandra uppför ett större vattendrag innebär även en ökad risk för predation. Göta- och Nordre älv hyser många grova gäddor som borde utgöra en avgörande faktor för vilka livsstrategier som selekteras i området. I regel övervintrar fisk från större vattendrag i älven eller dess mynning för att öka chansen till överlevnad (Knutsen et al. 2004; Jensen, 2008; Degerman et al. 2001). Om de då drabbas av hög predation torde de istället välja en snabb migration till havet. Man bör dock ha i åtanke att förändringar i havets temperatur och salinitet kan överväga hotet från gäddorna och påverka individen till att stanna. Om dödligheten i älven är tillräckligt stor bör en större andel hanar utveckla parrbeteende (sneaky) medan honorna försöker vandra ut till havs för en längre tillväxtsåong och snabb tillväxt.



Figur 4. Storleksskillnader hos öring längs västkusten. Område 1 resultat påverkas av låg provtagning. Se bilaga för förklaring av områdesindelning (Appendix 5)

Den genetiska undersökningen av de tre områdena, Göteborg, Kungsbacka och Tjörn/Orust visade på näst intill signifikanta skillnader i populationssammansättning där Kungsbacka – Göteborg var mer lika varandra. Vad kan då ligga bakom denna skillnad? Som jag beskrev i inledningen driver halländsk fisk norrut vilket spelar in i vandringsmönstret. En annan faktor kan vara den halländska kustens struktur som kan ha inverkat positivt på driften. Om det finns färre hinder i form av kobbar och skär kan detta gynna en genetisk spridning. Tjörn/Orust omges av en labyrint av öar som tillsammans med strömmar inom området kan påverka fisken att bli mer stationär. Det är svårt att dra några konkreta slutsatser kring orsaken till den marginella skillnaden då provdata är begränsad. En utökad provtagning från havet och från aktuella lekbäckar inom områdena skulle ge ökad säkerhet i

resultatet och ge större kunskap kring vandringsbeteendet bland bestånden. Införskaffar man DNA från lekbäcken kan man köra proverna mot den fångade fisken i havet. Koordinater för fångstlokalerna finns insamlade och man kan utifrån dessa se hur långt fisken vandrat från vattendraget. Vid en provtagning av fisk från vattendragen bör man eftersträva att ta prover från flera årsklasser. På detta sätt undviker man temporal genetisk variation som kan uppstå naturligt i ett bestånd. En annan beprövad metod är märkning av lekfisk/smolt. Fisken fångas sedan av fritids och sportfiskare som sedan rapporterar in fisken till forskaren (Svärdsson, 1982). Oavsett vilken metod man väljer bör man eftersträva kontinuerlighet i provtagningen för att undvika temporala faktorer som kan påverka resultatet från år till år.

Sammantaget tycks finnockbeteendet vara det mest dominerande strategivalet vid områden där saliniteten är som högst. I England består den reproduktiva massan främst av finnock och där som här är dödligheten i havet stor och saliniteten hög (Elliot, 1994). Andelen mindre och kortare vattendrag dominerar längs svenska västkusten vilket gynnar ett beteende då fisken leker ofta. Predation och salinitet bidrar dessutom till sådan stress och dödlighet att fiskens fitness blir störst om den anammar strategier med låg tillväxt. Vilken inverkan fritidsfisket har på öringens storlek och ökad dödlighet i de olika områdena kan vara svårt att ta reda på. Som jag beskrev i inledningen upptäckte Key Höglind (Länsstyrelsen) att minimimåttet återspeglades tydligt i Broälvens öringbestånd. Det då utsatta minimimåttet på 350 mm medförde att dödligheten ökade för en begränsad del av beståndet. Om man kan påvisa storleksskillnader mellan områden med olika fisketryck kan man anpassa fiskeregler utifrån lokala förutsättningar. Ett lägre minimimått i kombination med en övre fångstgräns borde gynna fisk som växer sig stor snabbt. Finnockbeteendet i detta exempel skulle inte gynnas i lika stor utsträckning och man skulle rent teoretiskt få en högre medelstorlek i öringbeståndet.

För att man skall med säkerhet kunna ta reda på hur stort överlapp det är mellan olika populationer längs västkusten krävs fortsatta studier. När man känner till hur stort utbytet är mellan olika vattendrag är detta till stor hjälp vid planeringen av förvaltningsåtgärder. Ett särskilt isolerat vattendrag kan vara känsligt för inavel och om beståndet skulle slås ut av en eventuell miljökatastrof är det bra att känna till dess genetiska bakgrund. Känner man till vilken typ av strategi som dominerar i respektive vattendrag kan man välja vilket beteende man vill införa vid en eventuell förflyttning av juvenila öringar till den drabbade bäcken.

Under en studie 2006 upptäckte P. Morán hur viktig felvandring (straying) kan vara för ett mindre öringbestånd. Beståndet riskerade att slås ut efter ett dammbygge i vattendraget. Habitatet blev snabbt instabil och man försökte hjälpa populationen att stabiliseras genetiskt genom stödutsättningar av odlad fisk. Under uppföljningsarbetet upptäckte man att få individer av den odlade fisken hade försvunnit men att beståndet var mer genetiskt stabilt. Det visade sig att anadroma individer från närliggande områden regelbundet vandrat upp i bäcken och blandat sig med den stationära brunöringen. Bestånden i de närliggande vattendragen fungerade som en metapopulation och återförde på så vis genetisk stabilitet till det annars instabila vattendraget. Om det finns ett konstant genetiskt utbyte mellan vattendrag är stödutsättningar onödiga. Som naturvårdsinsats är det därmed bättre, och billigare att koncentrera sig på restaurering av vattenmiljön. En återkolonisation kommer med största sannolikhet ändå ske om straying är förekommande inom området.

Tack till

Johan Höjesjö för all hjälp med analys och planering, Key Höglind, Länsstyrelsen som arbetat fram frågeställningen och stött projektet finansiellt, Kristian Kårdal, Peter Lind, Lars-Bruno Johansson, Per Rosander, Niclas Åberg, Björn Gustafsson, Kristoffer Karlsson, Hans Johansson, Thord Johansson, Lars Molander, Anders Frykholm, Ole Finstad, Torbjörn Hallström, Mauri Knuuti och Veikko Koponen för hjälp med provtagningen, grabbarna från FSG som hjälpte till med landvaden, Magnus Kokkin och Thore Prestegaard från Fiskeriverket som analyserade fjäll och otolitproverna, Stefan Palm som hjälpte oss med dna analysen, Göteborgströms fiskevårdsfond som finansierade provtagningen samt alla andra som på något sätt varit delaktiga i projektet.

Referenser

Tidskrifter och litteratur

- A. H. Rikardsen, P-A. Amundsen, R. Knudsen. S. Sandring. 2006. *Seasonal marine feeding and body condition of sea trout (Salmo trutta) at its northern distribution*. Journal of Marine Science. 63: 466-475.
- A. Samuiloviene, Æ. A. Kontautas Æ, R. Gross. 2009. *Genetic diversity and differentiation of sea trout (Salmo trutta) populations in Lithuanian rivers assessed by microsatellite DNA variation*. Fish Physiology and Biochemistry. 35: 4, 649-659.
- B. Jonsson & N. Jonsson. 2006. *Life-history effects of migratory costs in anadromous brown trout*. Journal of Fish Biology. 69: 860-869.
- B. Jonsson, N. Jonsson. 2007. *Life histories of sea trout*. Sea Trout Biology, Conservation and Management, Kap 14. Redaktörer: Graeme Harris & Nigel Milner. Blackwell publishing Ltd, Oxford.
- B. Jonsson, N. Jonsson. 2009. *Migratory timing, marine survival and growth of anadromous brown trout Salmo trutta in the River Imsa*. Norway Journal of Fish Biology. 74: 3, 621-638
- E. Degerman, P. Nyberg, B. Sers. 2001:10. *Havsöringens ekologi*. Fiskeriverket informerar 2001:10
- E.M. Olsen, H. Knutsen, J.H. Simonsen, B. Jonsson, J.A. Knutsen. 2006. *Seasonal variation in marine growth of sea trout, Salmo trutta, in coastal Skagerrak*. Ecology of Freshwater Fish. 15: 446-452.
- F. Ayllon P. Davaine. E. Beall & E. Garcia-Vazquez. 2006. *Dispersal and rapid evolution in brown trout colonizing virgin Subantarctic ecosystems*. Journal of Evolutionary Biology. Volume 19, 4, 1352-1358
- G. Svärdsson & Å. Fagerström. 1982. *Adaptive differences in the long-distance migration of some trout (Salmo trutta L) stocks*. Institute of freshwater research, S-170 11 Drottningholm 60.
- H. Knutsen, J.A. Knutsen & P.E. Jorde. 2001. *Genetic evidence for mixed origin of recolonized sea trout populations*. Heredity. 87, 207-214.
- I. Kallio-Nyberg, A. Saura, P. Ahlfors. 2001. *Sea migration pattern of two sea trout stocks (Salmo trutta) released in to the Gulf of Finland*. Annales Zoologici Fennici. 39: 3, 221-235.
- J.M. Elliot. 1994. *Quantitative Ecology and the Brown Trout*. Oxford University Press, New York
- J. H. L'Abée-Lund, B. Jonsson, A. J. Jensen, L. M. Sættem, T. G. Heggberget, B. O. Johnsen, T. F. Naesje. 1989. *Latitudinal Variation in Life-History Characteristics of Sea-Run Migrant Brown Trout Salmo trutta*. Journal of Animal Ecology. 58: 2, 525-542.
- J.A. Knutsen, H. Knutsen, E.M. Olsen, B. Jonsson. 2003. *Marine feeding of anadromous Salmo trutta during winter*. Journal of Fish Biology. 64, 89-99
- K. Hindar, B. Jonsson, N. Ryman, G. Stahl. 1991. *Genetic relationships among landlocked, resident, and anadromous Brown Trout, Salmo trutta L*. Heredity. 66, 83-91
- K. Hovgaard, Ø. Skaala, G. Nævdal. 2006. *Genetic differentiation among sea trout, Salmo trutta L., populations from western Norway*. Journal of Applied Ichthyology. 22:1, 57-61.

- L. Laikre, T. Järvi, L. Johansson, S. Palm, J-F. Rubin, C. E. Glimsäter, P. Landergren & N. Ryman. 2001. *Spatial and temporal population structure of sea trout at the Island of Gotland, Sweden, delineated from mitochondrial DNA*. Journal of Fish Biology. 60: 1, 49-71.
- M. M Hansen & K-L. D. Mensberg. 1998. *Genetic differentiation and relationship between genetic and geographical in Danish sea-trout (Salmo trutta L) populations*. Heredity. 81: 5, 493-504.
- M. M Hansen, O. Skaala, L.F. Jensen. 2007. *Gene flow, effective population size and selection at major histocompatibility complex genes: brown trout in the Hardanger Fjord, Norway* Molecular Ecology. 16: 7, 1413-1425.
- O. K Berg & M. Berg. 1987. *Migrations of sea trout, Salmo trutta L., from the Vardnes river in northern Norway*. Journal of Fish Biology. 31, 113-121.
- P. Moran, F. Ayllon & E. Garcia-Vazques. 2006. *Maintenance of a small anadromous subpopulation of brown trout (Salmo trutta L.) by straying*. Freshwater Biology. 51, 351–358.

Muntliga källor

Key Höglind. 2009. Länsstyrelsen Västra Götaland.

Magnus Kokkin. 2009. Fiskeriverket, sötvattenlaboratoriet Drottningholm.

Niclas Åberg. 2009. Stenungsunds kommun, projektledare 8- fjordar.

Torgny Bohlin. 2010. Zoologiska institutionen. Göteborgs Universitet.

Webbsidor

Fiskeriverkets journalföring: www.fiskeriverket.se/journalforing Hämtningsdatum: 2010-06-12

Metod för åldersbestämning: www.fiskeriverket.se/vanstermeny/forskning/aldersbestamningavfisk
Hämtningsdatum: 2010-06-12

Instruktion för fjällprovtagning:
www.fiskeriverket.se/vanstermeny/forskning/fiskmarkning/hursermarketut/instruktionforfjallprovtagning.4.1e7cbf241100bb6ff0b80001418html

Hämtningsdatum: 2010-06-12

Appendix

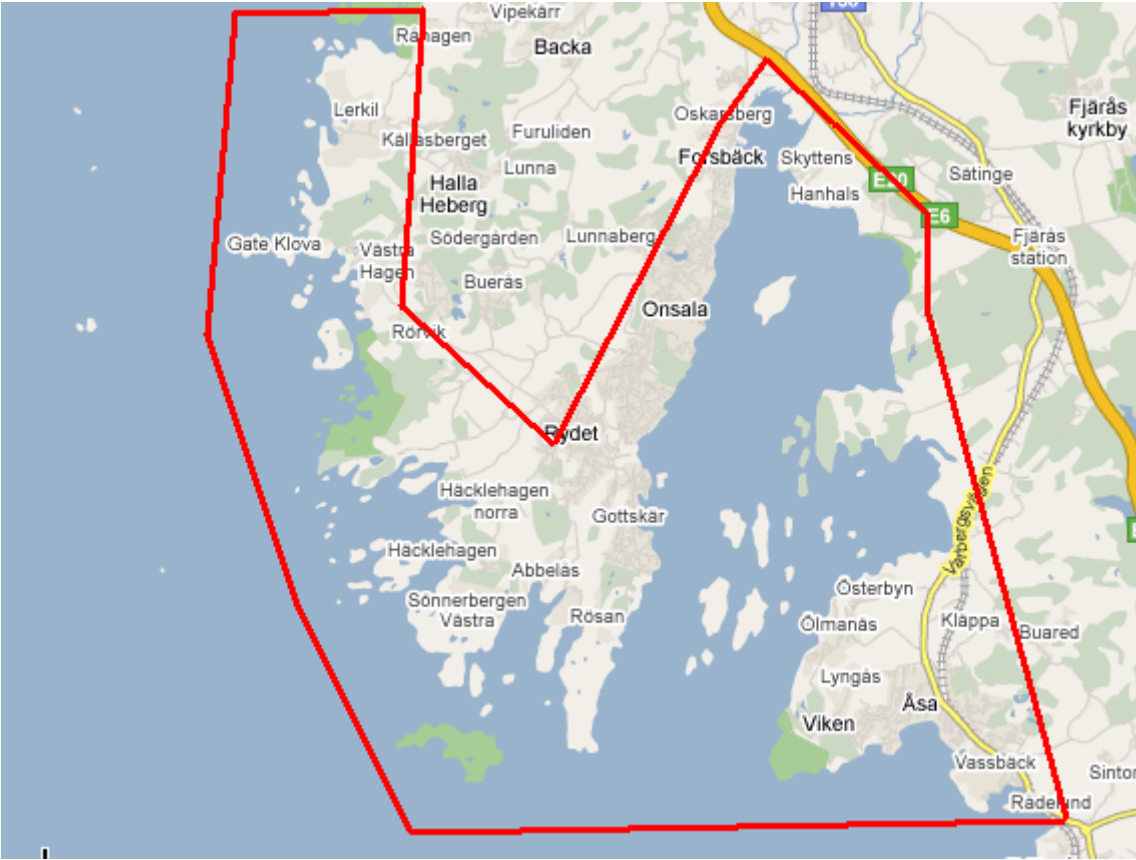
Appendix 1: Område 1, Göteborg.



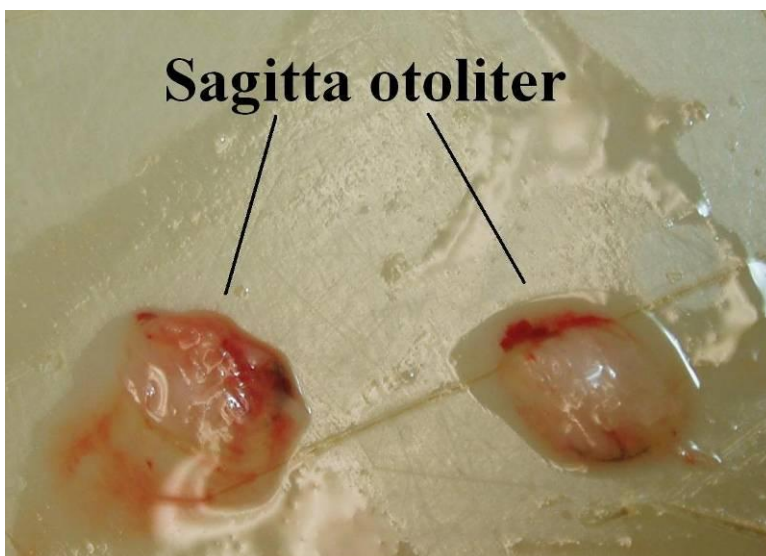
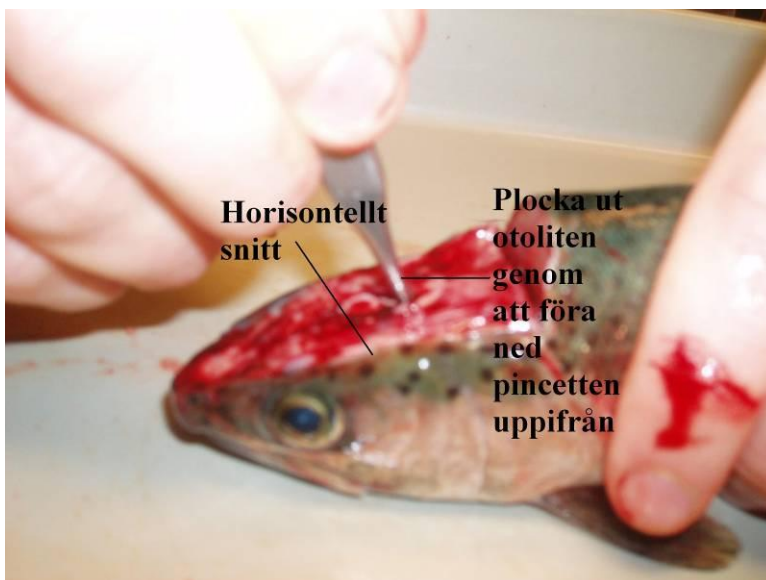
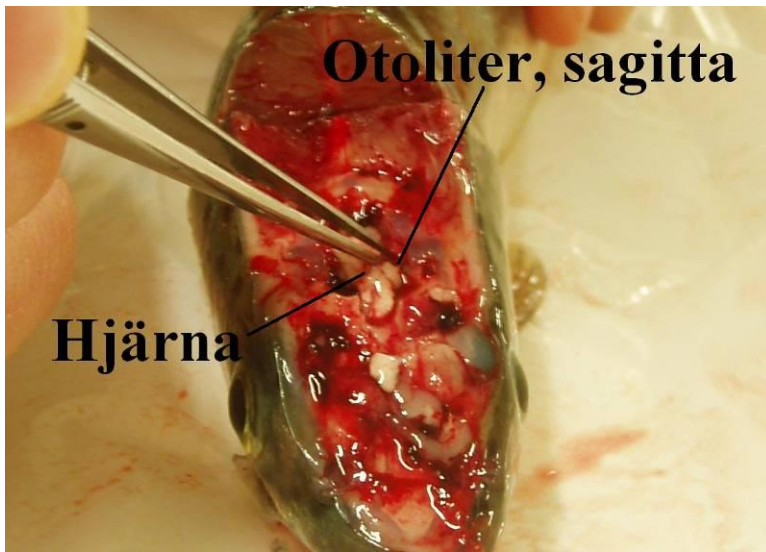
Appendix 2: område 2, Tjörn/Orust



Appendix 3: Område 3, Kungsbacka

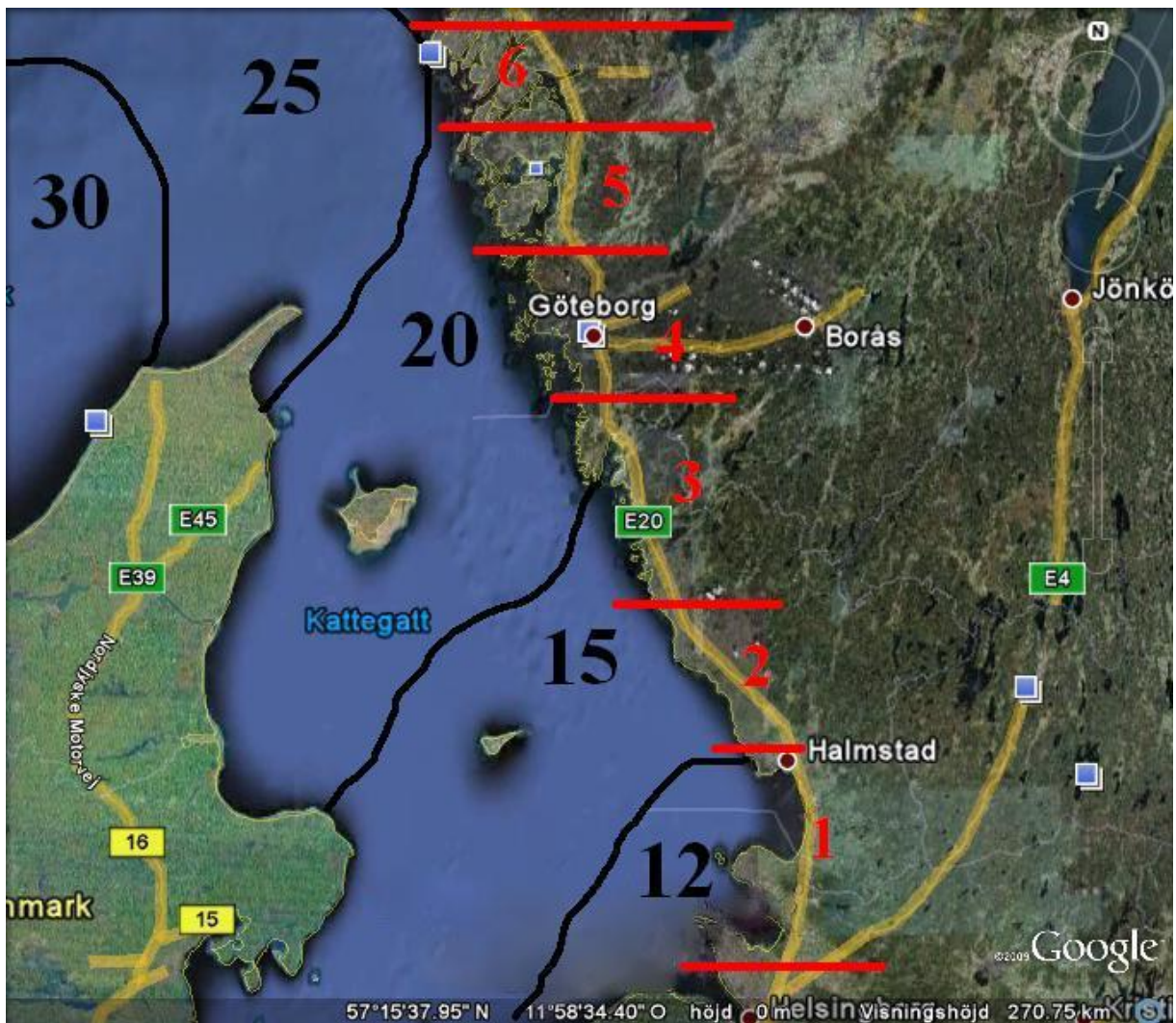


Appendix 4, provtagningsmetodik



Sagitta-otoliten är den största av tre otoliter i fiskens hjärna och återfinns strax bakom fiskens öga.

Appendix 5, karta över salinitet och områdesindelning för storleksjämförelse västkusten.



Figur 1. Områdesindelning för Fiskeriverkets journalföring. Röda siffror visar områdesindelning. Svarta siffror visar salinitet i promille.