



Nr B 2449  
September 2022

## Skelettröntgen av abborrar från recipienten till Rönnskärsvägen

Magnus Karlsson & Hannes Waldetoft



I samarbete med: Fil. dr. Bo Delling, Naturhistoriska riksmuseet  
och prof. em. Bengt-Erik Bengtsson, Stockholms universitet

**Författare:** Magnus Karlsson & Hannes Waldetoft

**Fotograf:** Bo Delling

**Medel från:** Boliden Mineral AB och Stiftelsen Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning

**Rapportnummer** B 2449

**ISBN** 978-91-7883-413-6

**Upplaga** Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

**© IVL Svenska Miljöinstitutet 2022**

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel 010-788 65 00 // [www.ivl.se](http://www.ivl.se)

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

## Innehållsförteckning

Förord.....	4
Sammanfattning.....	5
Summary .....	6
Inledning .....	7
Bakgrund .....	7
Allmänt om skelettdeformationer i fisk.....	7
Tidigare undersökningar vid Rönnskärsviken.....	10
Metodik.....	11
Resultat och diskussion.....	12
Referenser.....	15
Bilaga A – Tolkning av röntgenplåtar .....	20



# Förord

Sedan 2018 pågår ett metodutvecklingsprojekt inom ramen för Stiftelsen Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning samfinansierade forskningsprogram. Projektets övergripande mål är att ta fram en metodik som på ett ekologiskt relevant och kostnadseffektivt sätt adresserar biologiska effekter av sedimentföroringar i anslutning till svensk basindustri.

2018-2021 genomfördes fiskundersökningar i ett tiotal skogsindustrirecipienter samt utanför Bolidens metallsmältverk vid Rönnskär i Skelleftehamn. Resultaten från undersökningarna är publicerade i IVL-rapport B2396<sup>1</sup> respektive B2423<sup>2</sup>. Vid undersökningen utanför Rönnskärsviken 2020 erhölls en riktig fångst av abborre som sparats infrusen. I samråd med Boliden togs under 2021 beslut att retrospektivt skelettröntga materialet för att studera eventuell förekomst av skelettdformationer i fisken. Förhöjda frekvenser av skelettkador förekom under 1970- och 1980-talet i några recipienter till svenska skogs- och metallindustrier och påvisades bland annat med hjälp av röntgenundersökningar. Allteftersom industrierna har vidtagit miljöförbättrande åtgärder har effektbilden klingat av, och skelettröntgen ingår numera inte rutinmässigt i de undersökningsprogram som ofta löper utanför industrier. Observationer av en förhöjd frekvens av missbildningar i fisk har emellertid gjorts i ett par gruvrecipenter under senare år varför det bedömdes relevant att genomföra en uppföljande undersökning av den sparade fiskfångsten insamlad utanför Rönnskärsviken 2020 och referensområden i Bottenviken. Studien avrapporteras i det följande.

Stockholm i september 2022

<sup>1</sup> <https://www.ivl.se/download/18.694ca0617a1de98f4733ae/1628416031866/FULLTEXT01.pdf>

<sup>2</sup> <https://www.ivl.se/download/18.182a90c917b9f528bf16996/1631179597145/FULLTEXT01.pdf>



## Sammanfattning

Under 1970- och början av 1980-talet genomfördes en serie studier om fiskhälsa, där vattnen vid Rönnskärsviken användes som typområde för bedömning av påverkan av utsläpp från metallindustri. Studierna fokuserade på att undersöka eventuella samband mellan avloppsvattenutsläpp från Rönnskärsviken och ryggradsdeformationer, ryggradens mekaniska egenskaper (styrka, elasticitet, etcetera) och dess kemiska sammansättning. Observationer i fält indikerade en förhöjd frekvens av ryggradsskador på hornsimpa (*Myoxocephalus quadricornis*) utanför smältverket. Uppemot 40 % av de insamlade simporna hade någon form av skelettdeformation. Det visades även i experimentella studier i laboratoriemiljö att Rönnskärsvirkens dåvarande utsläpp av metaller kunde framkalla en ökad förekomst av ryggradsskador i hornsimpa.

Under den tid som förflyttit sedan ovan nämnda undersökningar genomfördes har utsläppen från Rönnskärsviken minskat dramatiskt. Vid en ny fiskundersökning som genomfördes 2020 konstaterades att det allmänna hälsotillståndet och fortplantningsförmågan hos abborre (*Perca fluviatilis*) var god i recipienten, men att förhöjda halter av kvicksilver och vissa stabila organiska ämnen i fiskens muskelkött föreligger. Ett förhållandetvis stort material av abborre hade samlats in från recipienten och referensområdena i Bottenviken. Under 2021 fattades ett beslut att i överskottsmaterial från undersökningen, drygt 400 abborrindivider som sparats i frys, genomföra röntgenanalyser av skelettet med likartad metodik som användes vid de tidigare undersökningarna. Röntgenanalyser utfördes vid Naturhistoriska riksmuseet av ichthyolog Bo Delling, varefter bildmaterialet sammanställdes och överfördes till professor emeritus Bengt-Erik Bengtsson för tolkning.

Resultatet från röntgenanalyserna pekar inte mot att frekvensen av skelettdeformationer i abborre är högre i recipienten jämfört med nordligt belägna referensområdena i Bottenviken. Den totala skadefrekvensen på abborre i recipienten låg på 1,4 %, att jämföra mot 2,8 % i referensområdena. Bägge värdena är att betrakta som naturligt förekommande bakgrundsnivåer. Alltför långtgående slutsatser kan inte dras från en enstaka insamling, men resultaten från undersökningen pekar mot att miljöförhållandena i recipienten till Rönnskärsviken har förbättrats och att det är osannolikt att en förhöjd frekvens av skelettskador på fisk i den omfattning som tidigare konstaterats alltjämt föreligger.



## Summary

During the 1970s and early 1980s, a series of studies on fish health were carried out, where the waters outside the ore smelter Rönnskärsvägen were used to assess the impact of emissions from metal industries. The studies investigated possible connections between wastewater discharges from the Rönnskärsvägen and spine deformations, the spine's mechanical properties (strength, elasticity, etc.), and its chemical composition. Observations in the field indicated an increased frequency of spinal injuries in fourhorn sculpin (*Myoxocephalus quadricornis*) outside the smelter. Up to 40% of the collected sculpins had some form of skeletal deformation. It was also shown in experimental studies in a laboratory environment that Rönnskärsvägen's metal emissions at the time could induce an increased incidence of spinal injuries in fourhorn sculpin.

Since the investigations mentioned above were carried out, the emissions from Rönnskärsvägen have decreased dramatically. In a new fish survey carried out in 2020, it was found that the general state of health and reproductive capacity of perch (*Perca fluviatilis*) was good in the recipient. However, elevated levels of mercury and some stable organic substances are still present in the muscle tissue of the fish. A relatively large amount of perch material had been collected from the recipient and reference areas in Bothnian Bay. In 2021, a decision was made to carry out X-ray analyzes of the skeleton in the surplus material from the survey, roughly 400 perch individuals, which had been stored in a freezer, using a similar methodology that was used in the previous surveys. X-ray analyses were carried out at the National Museum of Natural History by ichthyologist Bo Delling, after which the image material was compiled and transferred to Professor Emeritus Bengt-Erik Bengtsson for interpretation.

The X-ray analysis results do not point to the frequency of skeletal deformations in perch being higher in the recipient compared to northern reference areas in the Gulf of Bothnia. The total damage frequency to perch in the recipient was 1.4% compared to 2.8% in the reference areas. Both values are to be regarded as naturally occurring background levels. Far-reaching conclusions cannot be drawn from a single collection. However, the results of the investigation point to the fact that the environmental conditions in the recipient of the Rönnskärsvägen have improved and that it is unlikely that an increased frequency of skeletal damage to fish to the extent previously established still exist.

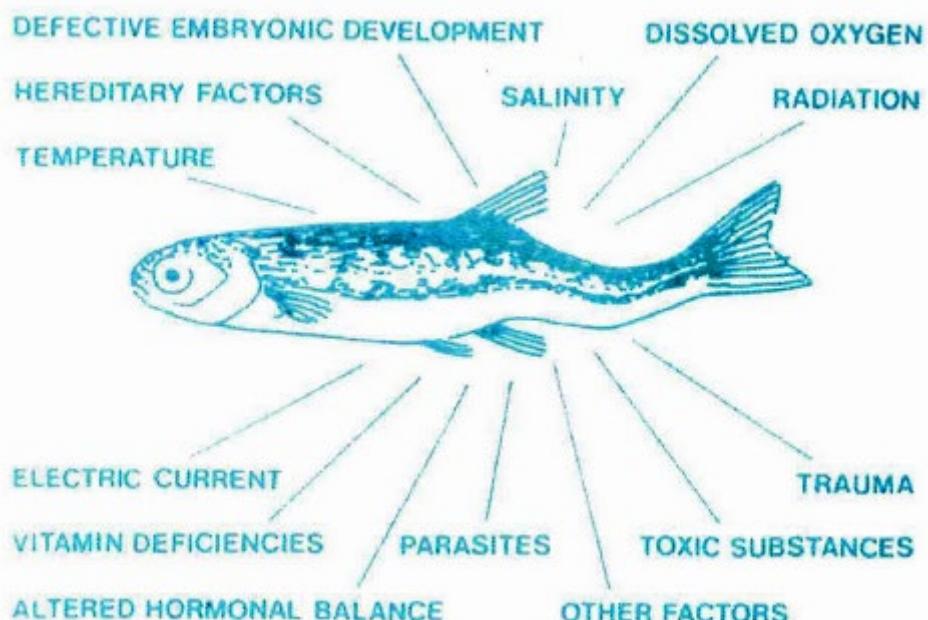
# Inledning

På 1970- och 1980-talen gjordes flera observationer av att frekvenserna av skelettskador på fisk var förhöjda i svenska industrirecipienter. Uppmärksamheten kring fenomenet bidrog till industrins omställning mot miljövänligare tillverningsprocesser. Påverkan på fisks hälsotillstånd och fortplantningsförmåga har successivt minskat i omfattning utanför svenska industrier. Här och var kvarstår emellertid en viss påverkan. Hösten 2020 genomfördes en omfattande undersökning i recipienten till Rönnskärsvägen utanför Skelleftehamn inriktad mot att mäta förekomsten av miljöfarliga ämnen och vissa biomarkörer som ofta används inom miljöövervakning för att bedöma fisks hälsotillstånd. Under våren 2021 fattades ett beslut om att komplettera utredningen med att retrospektivt röntga skelettet på fisk som sparats nedfryst. I det följande avrapporteras studien.

# Bakgrund

## Allmänt om skelettdeformationer i fisk

Skelettdeformationer på fisk kan orsakas av många olika faktorer (**Figur 1**) och behöver inte nödvändigtvis ha koppling till antropogena aktiviteter utan kan också ha mer eller mindre naturliga orsaker. Fenomenet med skelettskador på fisk har diskuterats i den vetenskapliga litteraturen i åtminstone 50 år [1–55]. Trots att många studier genomförts är det få som otvetydigt kunna peka ut en specifik orsak eller källa till fenomenet när detta konstaterats förekomma på vildlevande fiskbestånd. En gemensam nämnare för de flesta missbildningar av t.ex. ryggrad, käkar och gälbågar förefaller dock vara att de anläggs under fiskens embryonal- och larvstadium.



Figur 1. Faktorer som kan ligga bakom missbildningar hos fisk. Från Bengtsson, 1975 [4].



Nedan listas ett antal möjliga orsaker som kan ledat till skelettskador på fisk:

**Trauma**, skador på huvud och gällock skulle kunna bero på tidigare fångst i nät eller på krok eller att fiskarna fått bitskador från angrepp av predatorer. Det kan däremot inte förklara ryggradsskador.

**Ärftliga faktorer**, inavel, d.v.s. en svag genetisk bas för abborpopulationen. Med detta avses långvarig genetisk isolering av en ursprungligen liten eller genetiskt homogen abbor-population. Alternativt kan man tänka sig t.ex. förekomsten av en ("dålig") gen som ökar benägenheten att utveckla en specifik skada.

**Parasiter**, av olika slag (bakterier, spordjur, cerkarier av trematoder etc.) kan ge mycket specifika typer av skelettskador [51]. Parasiterande sugmaskar har visat sig kunna ge upphov till missbildningar på ryggraden om fiskarna infekteras under larvutvecklingen. Vilda bestånd av flera fiskarter i vissa delar av Nordamerika och på Nya Zeeland har uppvisat en ovanligt hög frekvens av missbildningar på skelettet jämfört med bestånd i andra närliggande floder som kopplats till parasitangrepp [24, 43]. I Yellowstones nationalpark misstänks den kraftiga nedgången i öringsbeståndet bero att området smittas med en bakteriell parasit [25].

**Cyanobakterier**, växtplankton från flera arter av cyanobakterier (tidigare benämnt blågrönalger) producerar potenta toxiner som vid algbloomingar kan nå koncentrationer som är skadliga för akvatiska ekosystem. Cyanotoxinerna kan delas in i grupper beroende på vilken toxisk effekt de har, och en av dessa grupper utgörs av substanser med neurologisk effekt. Anatoxin-a är ett potent neurotoxin som produceras av många olika arter av cyanobakterier. Toxinet har en rad toxiska effekter och man har bland annat funnit effekter på embryonalutveckling hos fisk bl. a. i form av krökt ryggrad [37].

**Metaller**, vid gruvbrytning och metallbearbetning är det vanligtvis spårämnesmetaller med dokumenterat miljöfarliga egenskaper man misstänker i första hand. Zink, kadmium, koppar och bly är alla kända för att kunna ge upphov till skelettskador hos fisk [1,3, 10, 13, 14, 19, 20, 45, 47, 50]. Bland mer sällan undersökta metaller som i kontrollerade laboratorieförsök visat kunna ge upphov till ryggradsdeformation hos fisk kan nämnas fluor, uran och plutonium [5, 29].

**Kväve**, en potentiell riskfaktor är däremot tillförsel av ammoniumkväve [56] i kombination med ett relativt högt pH som leder till förhöjda halter av ammoniak. Hög halt av ammoniak i fiskens blod ger sänkt syreupptagningsförmåga och undertrycker den aeroba metabolismen [57]. Detta har kunnat visa leda till bl. a. sämre tillsvart och skelettskador i fisk i odlingar. Ammoniumkväve NH<sub>4</sub>-N oxideras i recipienten till nitratkväve (NO<sub>3</sub>-N). Det är en bakteriell process som utförs av nitrifikationsbakterier. Som mellanled bildas nitritkväve (NO<sub>2</sub>-N). Nitrikväve har visats kunna ge skadliga effekter på fisk redan vid låga doser [58–59]. Abborre är mindre känslig än laxartade fiskar, men jämfört med ett stort antal arter tillhör även abborren de mer känsliga [60]. Även nitratkväve kan i höga koncentrationer utöva giftverkan mot fisk [61]. Såväl nitrits som nitrats toxicitet minskar generellt med ökande pH och jonstyrka i vattnet.

**Hjälp- och tillsatskemikalier**, i olika processteg där bruten malm bearbetas behöver olika kemikalier tillsättas, till exempel flotationskemikalier. Några av dessa har i laboratorietester visats kunna verka toxiskt gentemot fisk [62].

**Syrgasbrist**, ansträngda syrgasförhållanden uppstår om det förekommer episoder med låga syrenivåer i bottenvattnet, exempelvis efter en lång isvinter eller om det byggts upp höga koncentrationer av ammoniumkväve som snabbt oxideras vid stigande vattentemperatur och



gynnsamma förutsättningar för nitrifikationsbakterier. Om det råkar sammanfalla med när fisken leker skulle det kunna framkalla en störning embryonalstadiet. Att syrgasbrist kan ge upphov till deformationer hos fisk diskuterades redan på 1950-talet i Svensk Fiskeritidskrift. Abborren är visserligen en syrekrävande art, men inte mer kräsen än t ex sik, örting och elritsa som också finns i recipienten. En annan typ av syrgasbrist benämns fysiologisk eller metabolisk och kan uppstå inne i organismen vid av påverkan från skadliga ämnen [31], exempelvis ammoniak.

**Försurning**, i sjön Örvatnet i västra Värmland registrerades i mitten av 1970-talet rygggradsskador hos abborre i en frekvens av 10–20 % i populationen. Skadorna bestod i att de främre kotorna var sammanpressade vilket resulterade i att en stor del av abborrapulationen hade en uttalad "puckelrygg". Orsaken bakom skadorna konstaterades vara försurning [2]. pH-värdet i sjön hade vid denna tidpunkt sjunkit till under 5.

**Temperatur**, den optimala vattentemperaturen vid larvutveckling varierar beroende på vilken fas i utvecklingen individen befinner sig. I en studie exponerades individer från olika utvecklingsstadier av saltvattenarten guldsparid (*Sparus aurata*) för tre olika temperaturer [40]. Man kunde verifiera att vattentemperaturen hade betydelse för en normal larvutvecklingen och att suboptimala temperaturer, såväl för låga som för höga, vid kritiska utvecklingsstadier orsakade missbildningar på gällock, stjärt- och ryggfenor och på ryggraden. I fiskodlingar händer det att man höjer vattentemperaturen för att få en snabbare tillväxt, samtidigt leder dock detta till ökat antal missbildningar på skelettet [41].

**Närings- och mineralämnen**, brist eller överskott på olika spårämnen, vitaminer, lipider och fosfor kan alla leda till missbildningar om födan inte är korrekt sammansatt.

*Selen* är ett essentiellt grundämne för djur, men spannet mellan nödvändiga och toxiska koncentrationer av selen i födan kan vara smalt. Hos fiskar kan selen överföras från honan till embryon under vitellogenesen (bildning av gulesäcksprotein). Vanliga skador kopplade till Se-överskott är krökning av ryggraden, kraniofacial missbildningar och deformerade fenor [36, 52]. I områden nedströms uranbrytning har man kunnat visa att det finns en stark korrelation mellan dessa former av missbildningar hos gäddlarver (*Esox lucius*) och selenhalter i vattnet [22, 28].

*Fosfor* spelar en central roll vid bildning av skelettet hos fiskar. Upptag sker via födan och brist på biotillgängligt fosfor kan leda till allvarliga skador på skelettet, däribland krökning av ryggraden [31]. Även för höga fosforhalter kan orsaka missbildningar på skelettet.

*Lipider*, fiskben innehåller generellt höga lipidhalter och en korrekt sammansättning av lipider i födan är essentiell för att bildandet av alla skelettdelar ska bli riktig [31]. Studier på larver av havsaborre (*Dicentrarchus labrax*) har visat på samband mellan missbildningar på ryggraden och obalans i födan mellan olika grupper av lipider [25, 26, 48].

*Vitaminer*, vitamin A, C, D, E och K är alla essentiella för bildning av skelettet hos vertebrater [21, 32, 44]. Säväl för höga som för låga halter kan leda till skadliga förändringar men via olika molekylära mekanismer [49]. Mest väldokumenterat är att höga halter av vitamin A i födan under larvutvecklingen har en rad allvarliga effekter, däribland missbildningar på käkar, gällock, ryggrad och fenor [30, 31, 35]. Även när det gäller vitamin E, C, D och K är det dock viktigt att födan har rätt koncentration då både för höga och för låga doser, och även fel balans mellan de olika vitaminerna, kan påverka skelettets struktur [31, 44]. För höga doser av vitamin C och D i födan har visats kunna leda till missbildningar i ryggraden hos fisk [30, 44]. Ett högt pH kan även minska tillgängligheten av askorbinsyra (vitamin C) vilket kan leda till rygggradsskador [6, 21] och andra bindvävsskador (hos människor benämns fenomenet skörbjugg).



## Tidigare undersökningar vid Rönnskärsverken

Under 1970- och 80-talet genomfördes en serie studier om fiskhälsa, där vattnen vid Rönnskärsverken användes som typområde för bedömning av påverkan av utsläpp från metallindustri [9, 10, 14, 63,64]. Den huvudsakliga målorganismen valdes till hornsimpa (*Myoxocephalus quadricornis*) men även abborre (*Perca fluviatilis*) och sik (*Coregonus sp.*) undersöktes i viss mån.

Studierna fokuserade på att undersöka eventuella samband mellan avloppsvattenutsläpp från Rönnskärsverkens och ryggradsdeformationer, ryggradens mekaniska egenskaper (styrka, elasticitet, etc.) och dess kemiska sammansättning. Deformationer avsåg sammanväxta kotor, krökningar, asymmetri, förskjutna kotor eller avvikande bendensitet. Även gälräfstånderna (utstickande "tänder" på gälbågens insida med syfte att mindre byten stannar i predators munhåla) i sik och hornsimpa undersöktes avseende deformationer och asymmetri.

Av sikens insamlad vid Rönnskärsverkens närhet hade 3,5% (n=254) någon typ av ryggradsdeformation, medan sikens insamlad vid referensområdena Holmön och Byske hade motsvarande andel på 1,5 respektive 1,0% (n=196 respektive 198). Dock var inte skillnaden mellan Rönnskär och referenserna statistiskt signifikant. Hornsimpan visade dock på en statistiskt signifikant högre andel individer med ryggradsdeformation vid Rönnskärsverken jämfört med mindre påverkade områden (Gumboda, Kalix, Luleå och Kalajoki). Vid lokalen närmast Rönnskärsverken noterades 39,7% skadefrekvens medan de mindre påverkade områdena varierade mellan 4,3 och 23,3%. I abborre noterades en skadefrekvens på 2,9% (n=274) vid Rönnskärsverken medan abborre insamlad vid referensområdena Kalajoki och Byske hade motsvarande andel på 1,5 respektive 2,3% (n=329 respektive 347) [9].

Avseende deformation och asymmetri av gälräfstånder noterades den högsta andelen defekter vid lokalen närmast Rönnskärsverken. Där hade 24% av sikens defekter medan sikens vid referensområdet (Kalajoki) hade en frekvens defekta på 3,7%. Höga andelar av defekta individer tycktes även sammanfalla med höga metallhalter i sedimenten. För hornsimpa fanns ingen statistiskt signifikant skillnad i asymmetri i gälräfstånder och bukfena mellan recipient och referensområdena. Bröstfenan avvek dock signifikant, vilket överensstämde med resultat från tidigare studier.

Laboratorieförsök där hornsimpa i akvarier exponerades för ett simulerat metallhaltigt utsläpp från Rönnskärsverken genomfördes också [10]. Det simulerade utsläppet innehöll arsenik, kadmium, koppar, bly, kvicksilver och zink. Efter ca ett års exponering röntgades fisken. Viktasymmetri undersöktes även via analys av fiskens otoliter (hörselstenar). Resultaten pekade mot att Rönnskärsverkens dåvarande utsläpp av arsenik och tungmetaller kunde framkalla en ökad förekomst av ryggradsskador i hornsimpan. Resultaten visade även på att utsläppen kan framkalla viktasymmetri mellan fiskens högra och vänstra otolit.

En jämförelse av laboratorieförsök och fältstudier [14] visade dock på skillnad i responsmönster i ryggradens biokemiska och mekaniska egenskaper mellan den fisk som exponerats för simulerade utsläpp i laboratoriemiljö och den som insamlats i fält (vid Rönnskärsverken och referens). En trolig orsak till skillnaderna resonerades vara påverkan från andra miljöstörande ämnen i fältstudien.



Hornsimpans tillväxt, gonader och kondition jämfördes mellan de individer som hade ryggradsdeformation och de som inte hade det. Inga skillnader i tillväxt noterades mellan de två grupperna [63]. Defekta individer hade en signifikant högre konditionsfaktor (CF), somatisk vikt och gonadsomatiskt index (CSI). Den övergripande slutsatsen var dock att en ryggrads-deformation inte nödvändigtvis leder till nedsatt potential för individen att föröka sig. I [64] jämfördes även maginnehållet i deformerade och friska individer. Bakgrunden var att individer med nedsatt funktion eventuellt riktar om sin diet (tex för att de för sämre rörelse-förmåga). Inga signifikanta skillnader i maginnehåll mellan defekta och friska hornsimpior noterades dock.

Sammantaget visade de olika studierna genomförda på det fiskmaterial som insamlades mellan 1978 och 1982 på att Rönnskärsverkens metallhaltiga utsläpp lett till ökad skadefrekvens, men samtidigt att dessa skador inte nödvändigtvis leder till försämrad förmåga till reproduktion, tillväxt, eller insamling av föda.

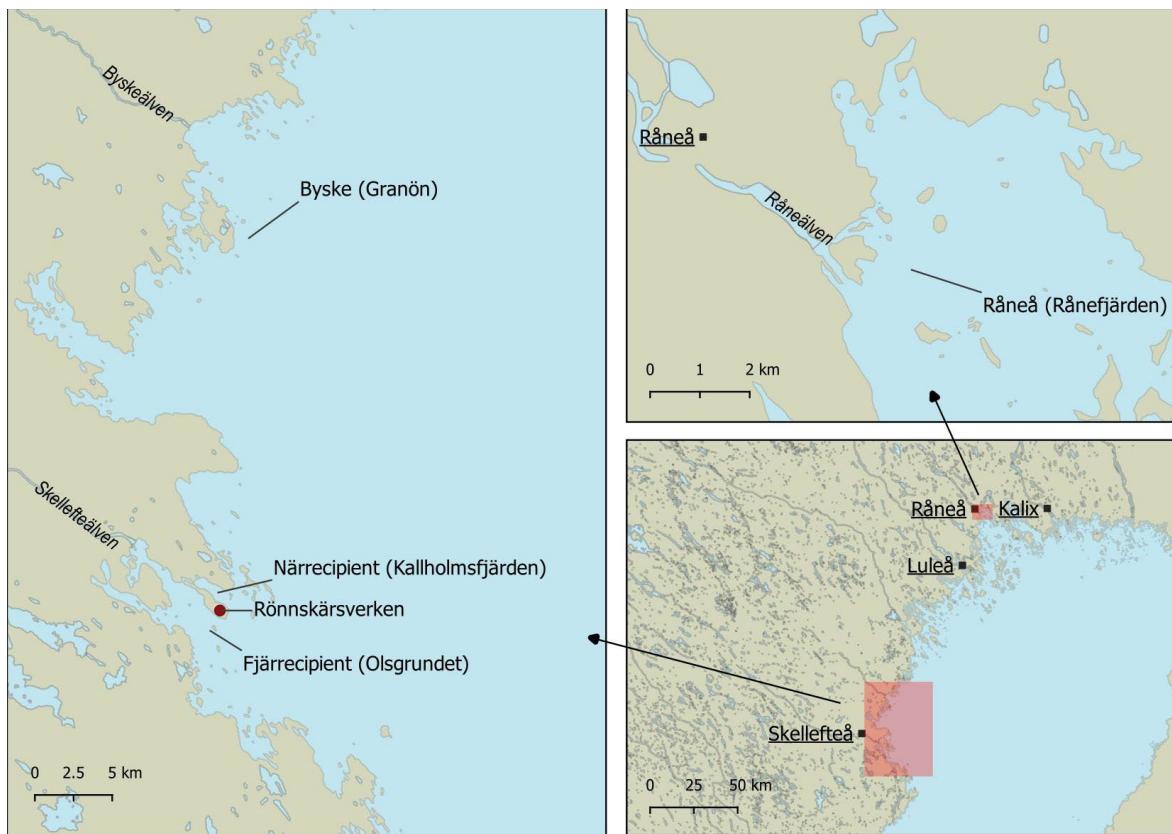
## Metodik

Under 2020 genomfördes ett fiske i vattnen kring Rönnskärsverken med syfte att undersöka hälsotillstånd och förekomst av miljöfarliga ämnen i abborre [65]. Fisktillgången var allmänt god, varför mer fisk än vad som behövdes för hälsobedömningen fångades. Beslut fattades under 2021 att undersöka resterande fisk avseende deformationer och skelettskador. Fisk fångades vid fyra lokaler i samband med undersökning av fisks hälsotillstånd och förekomst av miljöfarliga ämnen i abborre [65] (**Fig. 2**). Överskottsmaterialet från den studien utgör grunden för denna röntgenstudie.

Den huvudsakliga recipienten, Kallholmsfjärden, är exponerad av Rönnskärsverkens utsläpp och är dessutom helt omgärdad av industri- och hamnområden. Fjärrecipienten (Olsgrundet) ligger något strax nedströms Rönnskärsverken, vilket gör området exponerat för utsläppen. Referenslokalerna var Rånefjärden och Byske.

Fisken paketerades vid IVL:s fisktoxikologiska laboratorium i Stockholm i påsar om 4–5 individer vardera. Varje påse anonymiseras avseende vid vilken lokal de fångades för att undvika bias vid tolkning av resulterande röntgenbilder. Därefter levererades fisken till Naturhistoriska Riksmuseet för röntgen. Röntgenbilderna skickades sedan till prof. em. Bengt-Erik Bengtsson för bedömning.

Resultaten undersöktes statistiskt via ett s.k *Chi-två test av populationsandelar*. Testet undersöker huruvida andelen skadade individer skiljer sig mellan lokalerna. Nollhypotesen var att alla lokaler har samma andel skadade individer i populationen. Mothypotesen var att minst en lokal avviker från övriga.



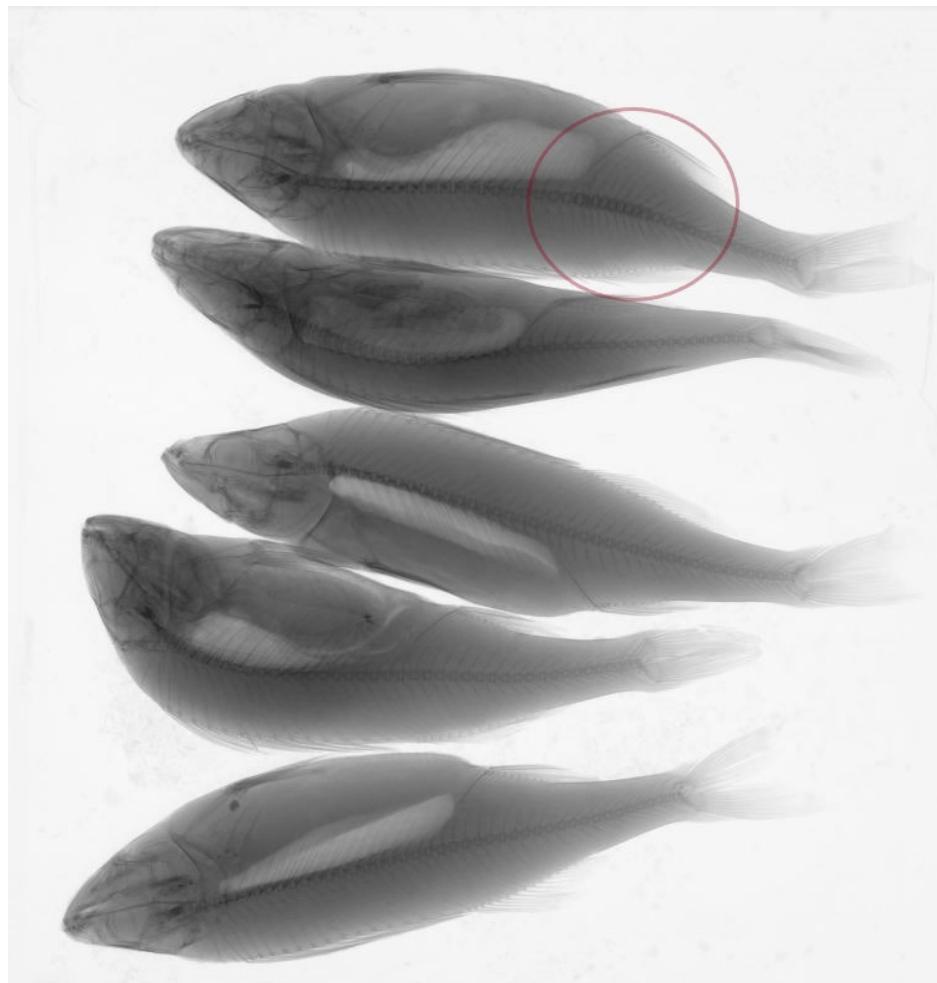
**Figur 2.** Områdeskarta med fångstlokaler.

## Resultat och diskussion

Prof. Bengtssons tolkning av bildmaterialet redovisas i **Bilaga A**. Tolkningen gjordes utan vetskaps om vilken individ som hörde till vilken lokal. Andelen skadade individer, oaktat typ av skada, var i det undersökta materialet högst i fisken från Byske (Tabell 1). Lägst andel var i fisken från Kallholmsfjärden. Samtliga skador vid Byske och Kallholmsfjärden bestod av mineralisering eller deformation av ryggraden. Exempel på en individ med mineralisering av ett antal kotor visas i Figur 3. Det syns hur beniga förhårdnader har bildats vid flera intilliggande kotor.

**Tabell 1.** Antal skadade eller deformerade abborrar per lokal.

Lokal	Mineralisering/ deformation	Krökning	Käkförkortning	Totalt antal individer	Skadefrekvens
Kallholmsfjärden	1	0	0	139	0,72%
Fjärr (Olsgrundet)	1	0	1	85	2,4%
Byske	5	0	0	120	4,2%
Råneå	1	0	0	93	1,1%



**Figur 3.** Exempel på mineralisering (vertebral hyperostos) i bakre delen av ryggraden i den översta fisken i bilden. Foto: Bo Delling.

I det statistiska testet slogs lokalerna ihop till kategorierna *recipienter* och *referenser*. Till recipienterna räknas Kallholmsfjärden och fjärrecipienten Olsgrundet. Referenserna är Byske och Råneå. Denna sammanslagning ger skadefrekvenser enligt **Tabell 2**.

Resultaten visar inte på att skadefrekvensen är avvikande i Rönnskärsviks recipientområden. Dessutom, för att testet skall kunna påvisa förhöjd skadefrekvens i recipienterna, måste skadefrekvensen i stickprovet vara högre i recipienter än i referenser. Här var förhållandet det omvänta. Sammantaget framkommer alltså inga indikationer på förhöjd skadefrekvens i abborre från Rönnskärsviks recipientområden.

**Tabell 2.** Totala skadefrekvenser i recipient- respektive referensområden.

	Antal med någon skada/deformation	Totalt antal	Skadefrekvens	Signifikant skillnad (ja/nej)
<b>Recipienter</b> (Fjärr+Kallholm)	3	224	1,4%	
<b>Referenser</b> (Råneå+Byske)	6	213	2,8%	Nej*

\*vid jämförelse av skadefrekvens i recipienter mot skadefrekvens i referenser.

Tidigare undersökningar av skelettdeformationer i abborre [9] har visat att den "naturliga" skadefrekvensen i bakgrundslokaler varierar mellan 1 och 3 %. De skadefrekvenser på 1,4 % i recipientområde, respektive 2,8 % i referensområde som uppmätts i föreliggande studie rymdsåledes inom naturlig variation.

Som komplement till testet av andelar genomfördes en beräkning av nödvändig stickprovsstorlek för att uppnå en viss statistisk styrka (vilket är sannolikheten att testet visar på en signifikant skillnad mellan recipient- och referenslokaler om en sådan skillnad faktiskt föreligger i populationen). Beräkningar av statistisk styrka utgår från en given styrka (anges som procentsats) och givna andelar deformerade individer i de två grupperna. Vanligtvis används 80% statistisk styrka, så även i detta fall.

Skadefrekvensen antogs i beräkningsexemplet vara 2% i referensen, vilket ligger inom spannet för naturligt förekommande variation. Skadefrekvensen i recipienten antogs vara 10%, vilket motsvarar en tydlig avvikelse. Beräkningen visade på att det då behövs minst 138 individer i referens respektive recipient för att nå en statistisk styrka på 80%. Det riktiga stickprovet bestod dock av drygt 200 individer i varje grupp, vilket visar på att *om* markanta skillnader hade funnits mellan referens- och recipientlokaler avseende deformationsfrekvens, så var detta stickprov tillräckligt stort för att med hög sannolikhet kunna påvisa denna skillnad.

Resultaten pekar alltså mot att det är osannolikt att förhöjda frekvenser av skelettdeformationer i fisk alltid förekommer i Rönnskärsviken. Resultaten är även kongruenta med slutsatserna från undersökningen av fisks allmänna hälsotillstånd och fortplantningsförmåga [65] som likaledes inte påvisat några tecken på nedsatt hälsotillstånd.



## Referenser

- 1) Bengtsson, B-E., 1974. Vertebral damage to minnows, *Phoxinus phoxinus*, exposed to zinc. Oikos 25: 134-139.
- 2) Grahn, O., Hultberg, H. & Landner, L., 1974. Oligotrophication – a self-accelerating process in lakes subjected to excessive supply of acid substances. Ambio 3: 92–93.
- 3) Bengtsson, B-E., Carlin, C.H., Larsson, Å & Svanberg, O., 1975. Vertebral damage in minnows, *Phoxinus phoxinus* L, exposed to cadmium. Ambio 4: 166-168.
- 4) Bengtsson, B-E., 1975. Vertebral damage in fish induced by pollutants. In: Sublethal Effects of Toxic Chemicals on Aquatic Animals. Ed by J H Koeman and J J T W A Strikk. Elsevier Sci Publ Comp, p 23-30.
- 5) Till, J.E., Kaye, S.V. & Trabalka, J.R., 1976. The toxicity of uranium and plutonium to the developing embryos of fish. Oak Ridge National laboratory environmental sciences division publication no. 884. July 1976, 211 pp.
- 6) Lim, C. & Lowell, R.T., 1978. Pathology of the vitamin C syndrome in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). The Journal of Nutrition, 108: 1137-1146.
- 7) Bengtsson, B-E., 1979. Biological variables, especially skeletal deformities in fish, for monitoring marine pollution. Phil Trans R Soc Lond B 286: 457-464.
- 8) Bengtsson, Å. & Bengtsson, B-E., 1983. A method to registrate spinal and vertebral anomalies in fourhorn sculpin, *Myoxocephalus quadricornis* L (PISCES). Aquilo Ser Zool 22: 61-64.
- 9) Bengtsson, B-E., Bengtsson, Å. & Himberg, 1985. Fish deformities and pollution in some Swedish waters. Ambio 14: 31-34.
- 10) Bengtsson, B-E., & Larsson, Å., 1986. Vertebral deformities and physiological effects in fourhorn sculpin (*Myoxocephalus quadricornis* L) after long-term exposure to a simulated heavy metal-containing effluent. Aquatic Toxicology 9: 115-119.
- 11) Bengtsson, B-E., 1988. Effects of pulp mill effluents on skeletal parameters in fish - a progress report. Water Science & Technology 20: 87–94.
- 12) Bengtsson, B-E., Bengtsson, Å. & Tjärnlund, U., 1988. Effects of pulp mill effluents on vertebrae of fourhorn sculpin, *Myoxocephalus quadricornis*, bleak, *A. alburnus*, and perch, *Perca fluviatilis*. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 17: 789-797.
- 13) Bengtsson, Å., Bengtsson, B.E. & Lithner, G., 1988. Vertebral defects in fourhorn sculpin (*Myoxocephalus quadricornis* L), exposed to heavy metal pollution in the Gulf of Bothnia. Journal of Fish Biology 33: 517-529.
- 14) Mayer Jr, F L, B-E Bengtsson, S Hamilton & Å Bengtsson, 1988. Laboratory and field comparison of pulp mill and ore smelter effluent effects on vertebrae of fourhorn sculpin (*Myoxocephalus quadricornis*). Aquatic Toxicology and Hazard Assessment: 10th Volume.



ASTM STP 971, VJ Adams, GA Chapman & WG Landis (eds.), America Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp 406-419.

- 15) Bengtsson, Å., 1991. Effects of bleached pulp mill effluents on vertebral defects in fourhorn sculpin (*Myoxocephalus quadricornis*) in the Gulf of Bothnia. *Arch.Hydrobiol.* 121: 373-384.
- 16) Lindesjöö, E., Thulin, J., Bengtsson, B E., Svensson, R.M. & Tjärnlund, U. 1994  
Abnormalities of a gill cover bone, the operculum, in perch *Perca fluviatilis* from a pulp mill effluent area. *Aquatic Toxicol.* 28: 189-207.
- 17) Fent, K. & Meier, W., 1994. Effects of triphenyltin on fish early life stages. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology.* Vol. 27 pp. 224-231.
- 18) Carls, M.G., Rice, S.D. & Hose, J.E., 1999. Sensitivity of fish embryos to weathered crude oil: part i. low-level exposure during incubation causes malformations, genetic damage, and mortality in larval pacific herring (*Clupea pallasii*). *Environmental Toxicology and Chemistry.* Vol. 18 pp. 481-493.
- 19) Williams, N.D. & Holdway, D.A., 2000. The effects of pulse-exposed cadmium and zinc on embryo hatchability, larval development, and survival of Australian crimson spotted rainbow fish (*Melanotaenia fluviatilis*). *Environmental Toxicology.* Vol. 15 pp. 165-173.
- 20) Flik, G., Stouthart, X.J.H.X., Spanings, F.A.T., Lock, R.A.C., Fenwick, J.C. & Wendelaar Bonga, S.E., 2002. Stress response to waterborne Cu during early life stages of carp, *Cyprinus carpio*. *Aquatic Biology.* Vol. 56 pp. 167-176.
- 21) Cahu, C., Zambonino Infantea, J. & Takeuchi, T., 2003. Nutritional components affecting skeletal development in fish larvae. *Aquaculture.* Vol. 227 pp. 245-258.
- 22) Holm, J., Palace, V.P., Wautier, K., Evans, R.E., Baron, C.L., Podemski, C., Siwik, P. & Sterling, G., 2003. An assessment of the development and survival of wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*) exposed to elevated selenium in an area of active coal mining. The Big Fish Bang. Proceedings of the 26th Annual Larval Fish Conference, July 22 - 26, Bergen (Norway), pp 257 - 273.
- 23) Colavecchia, M.V., Backus, S.M., Hodson, P.V. & Parrott, J.L., 2004. Toxicity of oil sands to early life stages of fathead minnows (*Pimephales promelas*). *Environmental Toxicology and Chemistry.* Vol. 23 pp. 1709-1718.
- 24) Villeneuve, D., Curtis, L., Jenkins, J.J., Warner, K., Tilton, F., Kent, M., Watral, V.G., Cunningham, M., Markle, D.F., Sethajintanin, D., Krissanakringkrai, O., Johnson, E., Grove, R. & Andrerson, K.A., 2005a. Environmental stresses and skeletal deformities in fish from the Willamette River, Oregon. *Environmental Science and Technology.* Vol. 39 pp. 3495-3506.
- 25) Villeneuve, L., Gisbert, E., Zambonino-Infante, J., Quazuguel, L. & Cahu, P., 2005b. Effect of nature of dietary lipids on European sea bass morphogenesis: implication of 12 retinoid receptors. *British Journal of Nutrition.* Vol. 94 pp. 877-884.
- 26) Villeneuve, L., Gisbert, E., Le Delliou, H., Cahu, C.L. and Zambonino-Infante, J.L., 2006. Intake of high levels of levels of vitamin A and polyunsaturated fatty acids during



- different developmental periods modifies the expression of morphogenesis genes in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). British Journal of Nutrition. Vol. 95 pp. 677–687.
- 27) Murcia, S., Kerans, B.L., MacConnell, E. & Koel, T.M., 2006. *Myxobolus cerebralis* infection patterns in Yellowstone cutthroat trout after natural exposure. Diseases of Aquatic Organisms. Vol. 71 pp. 191–199.
  - 28) Muscatello, J.R., Bennett, P.M., Himbeault, K.T., Belknap, A.W.M. & Janz, D.M., 2006. Larval deformities associated with selenium accumulation in northern pike (*Esox lucius*) exposed to metal mining effluent. Environmental Science and Technology. Vol. 40 pp. 6506-6512.
  - 29) Tripathi, A., Tripathi, N., Kumar, A. and Tripathi, M., 2006. Effect of fluoride on vertebral column of a fresh water fish *Channa punctatus*. J. Appl. Biosci. 32: 164 -167.
  - 30) Martinez, G.M., Baron, M.P. & Bolker, J.A., 2007. Skeletal and pigmentation defects following retinoic acid exposure in larval summer flounder, *Paralichthys dentatus*. Journal of the World Aquaculture Society. Vol. 38 pp. 353-366.
  - 31) Lall, S.P. and Lewis-McCrea, L.M., 2007. Role of nutrients in skeletal metabolism and pathology in fish — An overview. Aquaculture. Vol. 267 pp. 3-19
  - 32) Fernández, I., Hontoria, F., Ortiz-Delgado, J.B., Kotzamanis, Y., Estévez, A., Zambonino-Infante, J.L. and Gisbert, E., 2008. Larval performance and skeletal deformities in farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fed with graded levels of Vitamin A enriched rotifers (*Brachionus plicatilis*). Aquaculture. Vol. 283 pp. 102–115.
  - 33) Morrow, R.M., 2009. Effects of ammonia on growth and metabolism in Tilapia, *Oreochromis niloticus*. Master thesis at Queens University Kingston, Ontario, Canada. 70 sidor.
  - 34) Hu, J., Zhang, Z., Wei, Q., Zhen, H., Zhao, Y., Peng, H., Wan, Y., Giesy, J.P., Li, L. & Zhang, B., 2009. Malformations of the endangered Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*, and its causal agent. PNAS. Vol. 106 pp. 9339–9344.
  - 35) Mazurais, D., Glynatsi, N., Darias, M.J., Christodouloupolou, S., Cahu, C.L., Zambonino-Infante, J.-L. & Koumoundouros, G., 2009. Optimal levels of dietary vitamin A for reduced deformity incidence during development of European sea bass larvae (*Dicentrarchus labrax*) depend on malformation type. Aquaculture. Vol. 294 pp. 262–270.
  - 36) Muscatello, J.R., 2009. Selenium accumulation and effects in aquatic organisms downstream of uranium mining and milling operations In Northern Saskatchewan, University of Saskatchewan, PhD thesis. University of Saskatchewan.
  - 37) Osswald, J., Carvalho, A.P., Claro, J. & Vasconcelos, V., 2009. Effects of cyanobacterial extracts containing anatoxin-a and of pure anatoxin-a on early developmental stages of carp. Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol. 72 pp. 473– 478.
  - 38) Sassi, A., Annabi, A., Kessabi, K., Kerkeni, A., Saiid, K. and Messaoudi, I., 2010. Influence of high temperature on cadmium-induced skeletal deformities in juvenile mosquitofish (*Gambusia affinis*). Fish Physiology and Biochemistry. Vol. 36 pp. 403–409.



- 39) Schindler, D., 2010. Tar sands need solid science. *Nature*. Vol. 468 pp. 499-501.
- 40) Georgakopoulou, E., Katharios, P., Divanach, P. & Koumoundouros, G., 2010. Effect of temperature on the development of skeletal deformities in Gilthead seabream (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758). *Aquaculture*. Vol. 308 pp. 13-19
- 41) Ytteborg, E., Baeverfjord, G., Torgersen, J., Hjelde, K. & Takle, H., 2010. Molecular pathology of vertebral deformities in hyperthermic Atlantic salmon (*Salmo salar*). *BMC Physiology*. Vol. 10 pp. 12.
- 42) Kelly, D.W., Poulin, R., Tompkins, D.M. & Townsend, C.R., 2010a. Synergistic effects of glyphosate formulation and parasite infection on fish malformations and survival. *Journal of Applied Ecology*. Vol. 47 pp. 498–504.
- 43) Kelly, D.W., Thomas, H., Thieltges, D.W., Poulin, R. and Tompkins, D.M., 2010b. Trematode infection causes malformations and population effects in a declining New Zealand fish. *Journal of Animal Ecology*. Vol. 79 pp. 445–452
- 44) Darias, M.J., Mazurais, D., Koumoundouros, G., Cahu, C.L. and Zambonino-Infante, J.L., 2011. Overview of vitamin D and C requirements in fish and their influence on the skeletal system. *Aquaculture*. Vol. 315 pp. 49–60.
- 45) Hou, J.L., Zhuang, P., Zhang, L.Z., Feng, L., Zhang, T., Liu, J.Y. and Feng, G.P., 2011. Morphological deformities and recovery, accumulation and elimination of lead in body tissues of Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*, early life stages: a laboratory study. *Journal of Applied Ichthyology*. Vol. 27 pp. 514-519.
- 46) He, Y., Patterson, S., Wang, N., Hecker, M., Martin, J.W., El-Din, M.G., Giesy, J.P. & Wiseman, S.B., 2012. Toxicity of untreated and ozone-treated oil sands process-affected water (OSPW) to early life stages of the fathead minnow (*Pimephales promelas*). *Water Research*. Vol. 46 pp. 6359-6368
- 47) Barjhoux, I., Baudrimont, M., Morin, B., Land, I.L., Gonzalez, P. & Cachot, J., 2012. Effects of copper and cadmium spiked-sediments on embryonic development of Japanese medaka (*Oryzias latipes*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol. 79 pp. 272-282.
- 48) Izquierdo, M.S., Scolamacchia, M., Betancor, M., Roo1, I., Caballero, M.I., Terova, G. & Witten, P.E., 2013. Effects of dietary DHA and a-tocopherol on bone development, early mineralisation and oxidative stress in *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) larvae. *British Journal of Nutrition*. Vol. 109 pp. 1796–1805
- 49) Negm, R.K., Cobcroft, J.M., Brown, M.R., Nowak, B.F. & Battaglene, S.C., 2014. Performance and skeletal abnormality of striped trumpeter *Latris lineata* larvae and post larvae fed vitamin a enriched artemia. *Aquaculture* Vol. 422–423 pp. 115–123.
- 50) Sfakianakis, D.G., Renieri, E., Kentouri, M. & Tsatsakis, A.M., 2015. Effect of heavy metals on fish larvae deformities: A review. *Environmental Research*. Vol. 137 pp. 246–255
- 51) Berillis, P., 2015. Factors that can lead to development of skeletal deformities in fishes: A review. *J. Fisheries Sciences*.



- 52) Kupsco, A. & Schlenk, D., 2016. Molecular mechanisms of selenium-Induced spinal deformities in fish. *Aquatic Toxicology*. Vol. 179 pp. 143–150
- 53) Sørhus, E., Incardona, J.P., Karlsen, Ø., Linbo, T., Sørensen, L., Nordtug, T., van der Meeren, T., Thorsen, A., Thorbjørnsen, M., Jentoft, S., Edvardsen, R.B. & Meier, S., 2016. Crude oil exposures reveal roles for intracellular calcium cycling in haddock craniofacial and cardiac development. *Scientific Reports*. Vol. 6 pp. 31058.
- 54) McDonell, D., 2017. The comparative toxicity of two Canadian diluted bitumens to developing yellow perch (*Perca flavescens*). School of Environmental Studies, Queen's University, Kingston, ON.
- 55) Boursiaki, V., Theochari, C., Zaoutsos, S.P., Mente, E., Vafidis, D., Apostologamvrou, C. & Berillis, P., 2019. Skeletal Deformity of Scoliosis in Gilthead Seabreams (*Sparus aurata*): Association with Changes to Calcium-Phosphor Hydroxyapatite Salts and Collagen Fibers. *Water* 11:257.
- 56) Andersson, H., Magnusson, K., Karlsson, M. & Viktor, T., 2013. Granskning av gränsvärde för ammoniak (NH<sub>3</sub>) vid utlopp från klarningsmagasinet vid Kiirunavaara gruvindustriområde. IVL-rapport U4159.
- 57) Beaumont, M., Butler, P. & Taylor, E., 1995. Plasma ammonia concentration in brown trout in soft acidic water and its relationship to decreased swimming performance. *J. Exptl. Biol.* 198: 2213-2220.
- 58) Margiocco, C., Arillo, A., Mensi, P. & Schenone, G., 1983. Nitrite bioaccumulation in *Salmo gairdneri* rich. and hematological consequences. *Aquatic toxicology* 3: 261-270.
- 59) Knutsson, C., Grahn, O., Grotell, C. & Sangfors, O., 1997. Effekter av nitrit på regnbåge – samt jämförelse med abborre fångad utanför Björkbrons industriområde. Miljöforskargruppen rapport F97 023:3.
- 60) Williams, E.M. & Eddy, F.B. 1986. Chloride uptake in freshwater teleosts and its relationship to nitrite uptake and toxicity. *Journal of comparative physiology* 156: 867-872.
- 61) Baker, J.G, Gilron, G., Chalmers B.A. & Elphick, J.R., 2017. Evaluation of the effect of water type on the toxicity of nitrate to aquatic organisms. *Chemosphere* 168: 435-440.
- 62) Kerr, J.L., Lumsden, J.S., Russell, S.K., Jasinska, E.J., Goss, G.G., 2014. Effects of anionic polyacrylamide products on gill histopathology in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Environ Toxicol Chem*. 33:1552-62.
- 63) Bengtsson Å., 1993. Seasonal variation of mass, condition and gonadosomatic index in fourhorn sculpin (*Myoxocephalus quadricornis*). *Journal of Fish Biology*. Vol 42: 265-278.
- 64) Hansson, S., Bengtsson, B-E. & Bengtsson, Å., 1984. Stomach Contents in Baltic Fourhorn Sculpin (*Myoxocephalus quadricornis* L.) with Normal and Deformed Spinal Vertebrae. *Marine Pollution Bulletin*. 15: 375–377.
- 65) Waldestoft, H., Hållén, J. & Karlsson, M., 2021. Metodik för integrerad undersökning av hälsotillstånd och förureningshalter i fisk från industrirecipienter. IVL-rapport B2423.



# Bilaga A – Tolkning av röntgenplåtar

Efter bildbehandling och individmärkning av Hans-Eric Åkerstedt erhöll undertecknad under november och december röntgenbilder av abborre för analys av eventuella skelettskador.

Materialet omfattade exponering av: 412 abborrar fördelade på 107 ”plåtar” med prefixet *IVL\_RS*.

En del fiskar hade exponerats i mindre optimala positioner för att underlätta analysen. Inte desto mindre så anser jag att analyserna kunde genomföras med god precision med undantag för att 4 fiskar exponerats med käkpartiet utanför bildram (KUB). Bland de återstående 408 observerades inget fall av missbildade käkar (0 %). Ett gränsfall noterades för ind. 1 på plåt 01A, men bedömdes vara för osäkert för att medge en säker klassning. Beträffande skelettmisbildningar av ryggraden noterades sådana hos 7 individer (1, 7 %). Fem av dessa omfattade någon av kotorna 5–12 räknat från stjärtpartiet, d v s inte särskilt snarlikt vad vi sett tidigare i LKAB-recipienterna. Av de övriga två fallen utgjordes en av en längre sammanväxning av kotorna (k14-22) i ländregionen samt ett fall av deformation och vertebral hyperostos i k1-2, d v s påminnande om tidigare av oss konstaterad skadetyp i yttersta stjärtregionen från LKAB-materialet.

Trosa 2021-12-08

*Bengt-Erik Bengtsson, prof. emeritus i akvatisk ekotoxikologi, ACES/SU*

**Tabell A:1.** Identifiering av skador i respektive röntgenplåt.

Bild	Ind. Nr	Skada	Position		Förkortningar		
RS_02A					M=Mineraliserad (Vertebral hyperostos)		
04B					D=Deformerad/missbildad		
05B					K=Krökning		
06B					KUB=käke utanför bildram		
07A							
07B							
10A							
10B							
11A							
11B							
12B							
13A							



13B								
14A								
14B								
15A								
15B								
16A								
16B								
17A								
17B	2	D M	6 7					
18A								
18B								
19A								
19B								
20A								
20B								
21	3 & 4	(KUB)						
22								
23A								
23B								
24A								
24B								
25A								
25B	2	D M	6 7 8					
26A								
26B								
27A								



27B								
28A								
28B								
29A								
29B								
30A								
30B	1	D M	6 7 8					
31A								
31B								
32A	1	D M	14–22					
32B								
33A								
33B								
34A								
34B								
35A								
35B	1	D M	1 2					
36A								
36B								
37A								
37B								
38A								
38B								
39A								
39B								
40A								



40B								
41A								
41B								
42A								
42B								
43A								
43B								
44A								
44B								
45A								
45B								
46A								
46B								
47A								
47B								
48A								
48B								
49A								
49B								
50A								
50B	1	D M	5 6 7					
51A								
52exp1								
52exp2								
53exp1								
53exp2								



54A								
54B								
55A								
55B	2 & 3	(KUB)						
56A								
56B								
57exp1								
57exp2								
58exp1								
58exp2								
01A	(1) ev. käkförkortn .ök. , men osäkert(-)							
01B	2	M	8 9 10 11 12					
03A								
03B								
08A								
08B	5	rygg "av"	27 28	artefakt ?				
09A								
09B								



