

Sedimentkonsult HB

Björnöfjärdens historiska utveckling



Mottagare:

BalticSea2020

Emil Rydin

Sollenkroka den 16 oktober 2012

Per Jonsson och Magnus O. Karlsson

JP Rapport 2012:02

Adress

JP Sedimentkonsult HB
Västernäsvägen 17
130 40 Djurhamn
per@jpsedimentkonsult.se
www.jpsedimentkonsult.se

Telefon

08-57163744
070-5208057

Postgiro

219638-4

Bankgiro

5943-4704

Org.nr

969720-0815

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	3
ENGLISH SUMMARY	3
INLEDNING	5
PROJEKTBESEKRIVNING	5
SEDIMENTDYNAMISKA FÖRHÅLLANDEN I SKÄRGÅRDSFJÄRDAR	5
Bottentyper	5
Sedimentfokusering	7
MATERIAL OCH METODER	8
Kartering med sidtittande sonar	8
Positionering	9
Djupmätning	9
Sedimentprovtagning	10
Sedimentprovtagare	12
Dokumentation av sedimentkärnor	13
Datering	13
RESULTAT OCH DISKUSSION	16
Sonarkartering av Björnöfjärden	16
Bottendynamiska förhållanden	16
Iakttagelser från sonar-underlaget	19
Studie av sedimentprover	19
Datering	21
Deposition	27
Historik	30
SAMMANFATTANDE SLUTSATSER	33
REFERENSER	34
BILAGA 1 Protokoll från sedimentprovtagning i Björnöfjärdsystemet 2012-05-02	
BILAGA 2 Bilder på sedimentkärnor	39

SSAMMANFATTNING

JP Sedimentkonsult har av BalticSea2020 fått i uppdrag att undersöka Björnöfjärdssystemets recenta historiska utveckling. För att erhålla en bild av bottenförhållandena har inledningsvis en kartering genomförts med side scan sonar. Denna kartering ger en skalenlig "flygbild" av fördelningen av olika botten typer. Ackumulationsbottnar (A-bottnar) kan skiljas från erosions- och transportbottnar (E/T-bottnar) och företeelser på bottenarna kan upptäckas. Sonarkarteringen i kombination med provtagning av sedimentkärnor visade att gränsen mellan A-bottnar och E/T-bottnar går vid 3 ± 1 m. Sedimentprovtagning genomfördes med Geminihämtare på 16 stationer i undersökningsområdet och visade att gränsen mellan bioturberade och laminerade bottnar går vid ca 8 m, något grundare i Torpe-Infjärden. A-bottenarean utgör ca 80 % av egentliga Björnöfjärdens, drygt 70 % av Säbyvikens och knappt 70 % av Torpe-Infjärdens bottnar. Laminerade (hypoxiska) bottnar täcker ca 60 % av egentliga Björnöfjärdens, ca 40 % av Säbyvikens och ca 15 % av Torpe-Infjärdens bottnar. Sonarkarteringen visade en tydlig muddertippningsplats SV om Toholmen och mycket tydliga kanter av muddringsrännor kan iakttas i inloppskanalen till fjärden. Ett mindre, men tydligt, vrak hittades i Björnöfjärdens sydvästra del. Profilerna på torrsubstanshalt och glödningsförlust visar att 15 av de totalt 16 sedimentkärnorna tagits på goda ackumulationsbottnar. Ingen av de tre sedimentkärnorna har nöjaktigt kunnat dateras med hjälp av radiocesium från Tjernobylolyckan, men sedimentkärnorna har ändå kunnat dateras med varvräkningsteknik efter att en karaktäristisk sedimenthorisont knutits till fördjupningen av inloppskanalen 1968-69.

I samband med fördjupningen av inloppet och etableringen av det stora fritidsområdet Ängsvik och andra fritidshusområden försämrades syresituationen snabbt i fjärdens djupvatten (≥ 8 m) och de laminerade (hypoxiska) bottenarna expanderade från 60 % till 100 % på bara några få år. Orsaken till det snabba utslagningsförloppet av fjärdssystemets djupare bottnar är sannolikt kopplad till en kombination av ökad näringsämnesbelastning och en påtagligt ökad inströmning av brackvatten och därmed mer uttalad skiktning av fjärdens vatten. Den genomförda bottenkarteringen av Björnöfjärden indikerar klart att motsvarande undersökningar bör genomföras åtminstone i referensfjärdarna i Fjällsvikssystemet för att utröna vilken betydelse fördjupningen av inloppet haft för syreförhållanden även i denna fjärd.

ENGLISH SUMMARY

JP Sedimentkonsult has by BalticSea2020 got the commission to investigate the recent historical development of the Björnöfjärden area. In order to get a picture of the bottom dynamic conditions in the investigation initially a side scan sonar mapping of the bays was performed. This type of investigation reveals a distribution according to scale of the distribution of different bottom types. Accumulation bottoms (A bottoms) for fine material ($< 63 \mu$) can be distinguished from erosion and transport bottoms (E/T bottoms) and objects on the seafloor can be detected. A-bottoms are found at greater depths than 3 ± 1 m. Sediment cores were taken at 16 stations with a Gemini gravity corer which indicated that laminated hypoxic bottoms were present at greater depths than around 8 m, somewhat more shallow in Torpe-Infjärden. The A bottom area covers approximately 80 % of Björnöfjärden proper, more than 70 % of Säbyviken and slightly less than 70 % of Torpe-Infjärden. Laminated (hypoxic) bottoms constitute ca 60 % Björnöfjärden, 40 % of Säbyviken and 15 % of Torpe-Infjärden. The sonar mapping revealed an obvious dumping ground of dredged material SW of Toholmen and very clear dredging steeps were found in the outlet channel to the bay. A small but evident boat wreck was detected in the SW part of Björnöfjärden proper. The

profiles of dry matter (ds) and loss on ignition (LOI) showed that 15 out of 16 cores were taken from A bottoms. Three cores were intended to be dated by means of ^{137}Cs but none of them showed any clear activity profiles that could be used for dating. However, due to a clear sediment horizon dated to 1968-69 in accordance to deepening of the outlet the sediment cores were dated by lamina counting.

In connection with deepening of the outlet and establishment of large areas with summer houses in the drainage area the oxygen conditions rapidly worsened in the deep areas (> 8 m) and areas of laminated, hypoxic sediments expanded from 60 to 100 % in a few years. The reason to the rapid extinction of the deep benthic fauna is most likely a combination of increased nutrient input and an increased input of brackish water from the sea leading to a more pronounced layering of the bay. The investigation of the Björnöfjärden area indicates clearly that a similar study preferably should be performed at least in the reference area Fjällsvik bay to investigate what impact the deepening of the inlet has had on the oxygen conditions in the bay.

INLEDNING

JP Sedimentkonsult HB har av BalticSea2020, Emil Rydin, fått i uppdrag att genomföra bottenundersökningar i Björnöfjärden för att beskriva fjärdområdets recenta historik. JP tackar för förtroendet och har glädjen att härmed redovisa slutrapporten för projektet.

PROJEKTBESKRIVNING

Arbetet har omfattat följande moment:

- Fältkartering med side scan sonar av Björnöfjärdsystemets botten
- Verifierande sedimentprovtagning på 16 stationer fördelade på 9 kärnor i Björnöfjärden, 4 kärnor i Säbyviken och 3 kärnor i Torpe-Infjärden
- Analys av vattenhalt och glödningsförlust på samtliga sedimentkärnor
- Datering av sedimentkärnorna genom varvräkning
- Kompletterande sedimentprovtagning av 3 representativa kärnor från egentliga Björnöfjärden, Säbyviken och Torpe-Infjärden
- Kompletterande fältkartering med side scan sonar av Björnöfjärdsystemets inlopp
- Datering av 3 sedimentkärnor med ^{137}Cs -teknik
- Utifrån insamlat material sammanställa en rapport av botten- och sedimentförhållandena inkluderande bedömningar av:
 - * Botten- och sedimentdynamik (bottendynamisk karta)
 - * Sedimentstrukturer (fotografier och beskrivningar av sedimentkärnor)
 - * Sedimentationsförhållanden
 - * Fjärdsystemets historiska utveckling under 1900- och 2000-talen

För samtliga provpunkter har en noggrann dokumentation av lagerföljder (utskjutning, delning, beskrivning samt fotografering) genomförts som grund för beräkning av materialmängder på olika botten typer och beräkning av fjärdsystemets sedimenttillväxt.

Rapporten överlämnas dels i skriftlig form skriven på svenska, dels i elektronisk form på CD-skiva. Rapporten upprättas i Word-format samt Pdf-format.

På CD bifogas:

- Slutrapport inkluderande fältnoter/protokoll från fältarbete samt bildmaterial
- DeepView free viewer - installationsfil
- Digitalt side scan sonar-underlag dels som dvs-filer (DeepVision), dels som kmz-filer (Google Earth)

SEDIMENTDYNAMISKA FÖRHÅLLANDEN I SKÄRGÅRDSFJÄRDAR

Botten typer

Vid denna undersökning har följande definition av botten typer använts (Håkanson & Jansson, 1983):

- **Ackumulationsbotten (A-botten)** är botten där finmaterial kontinuerligt deponeras.
- **Transportbotten (T-botten)** är botten med oregelbunden deposition och borttransport av finmaterial och blandade sediment.
- **Erosionsbotten (E-botten)** är botten där grövre material (> 0,006 mm) dominerar.

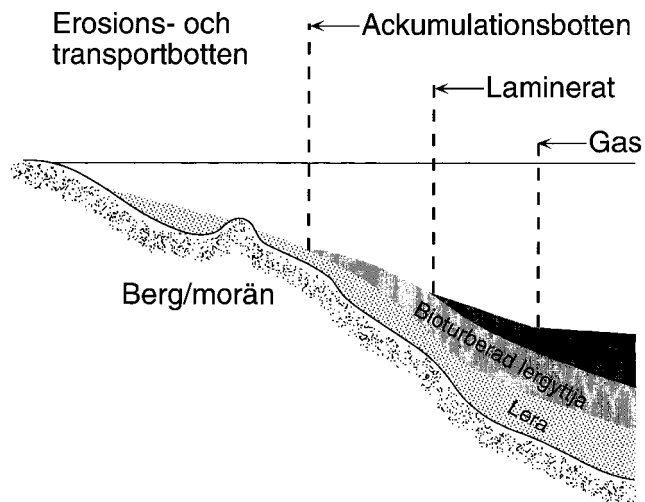
För att på ett tillfredsställande sätt genomföra sedimentundersökningar i en fjärd fordras kännedom om vilka bottendynamiska förhållanden som råder på platsen.

Den viktigaste drivande kraften som avgör vid vilka djup olika botten typer uppträder är vinden. Den sträcka som vinden fritt kan påverka vågbildningen kallas för "fetch". Ju längre fetch, desto högre blir vågorna och desto djupare ligger vågbasen. Vågbasen är det djup till vilket vattenvågor på ytan ger upphov till turbulens djupare ned i vattenmassan. Den är av avgörande betydelse för var ackumulationsbottnar för finsediment kan uppträda. Generellt kan säjas att ovanför vågbasen uppträder erosions- och transportbottnar och under den finner man ackumulationsbottnarna. Undantag finns där den lokala strömsituationen kan ha stor betydelse för sedimentdynamiken. Erfarenheten visar att A-bottnar kan uppträda i skyddade vikar och fjärdar på endast någon eller några få meters djup. I öppna havsexponerade lägen finner man dock ofta A-bottnar först på djup överstigande 75-80 m (Jonsson et al., 1990). Detta leder också till att gränsen mellan A-bottnar och E/T-bottnar självfallet varierar beroende på var i fjärden man befinner sig. Orsaken till detta är att den effektiva fetchen (den sträcka som vinden fritt kan påverka vågbildningen) varierar i rummet. Ju större fetch desto djupare vågbas som i sin tur leder till att gränsen för uppträdande av A-bottnar återfinns djupare ned. Om man mer i detalj önskar kartera detta bör en tätare sonarkartering genomföras kompletterad med verifierande insamling av sedimentkärnor från ett antal lokaler runt fjärden. Man kan även teoretiskt (vid skrivbordet) beräkna såväl den effektiva fetchen, som vågbasen och gränsen mellan A-bottnar och E/T-bottnar (Håkanson and Jansson, 1983; Lindgren & Karlsson, 2011).

Erosionsbottnar utgörs av sten, grus och sand, ofta överlagrande en glacial eller postglacial lera, och har låga vattenhalter och organiska halter. Eftersom det hela tiden sker en borttransport av material från erosionsbottnar är halterna av näringsämnen och föroreningar normalt låga.

Transportbottnar kännetecknas av mycket varierande halter av näringsämnen och föroreningar, vilket beror på att dessa bottnar periodvis fungerar som ackumulationsbottnar. Vid ett stormtillfälle kan dock det tidigare ackumulerade materialet resuspenderas och förflyttas nedåt mot de oftast djupare belägna ackumulationsbottnarna.

Akkumulationsbottnarna består av finmaterial som gyttjelera och lergyttja och har höga vattenhalter. Ibland kan t.o.m. gränsen mellan sediment och vatten vara svår att avgöra p.g.a. den höga vattenhalten i ytsedimentet. Vanligen finner man de högsta halterna av de flesta föroreningar i ackumulationsbottnarna. Dessa bottnar innehåller även naturligt hög halt organiskt material.



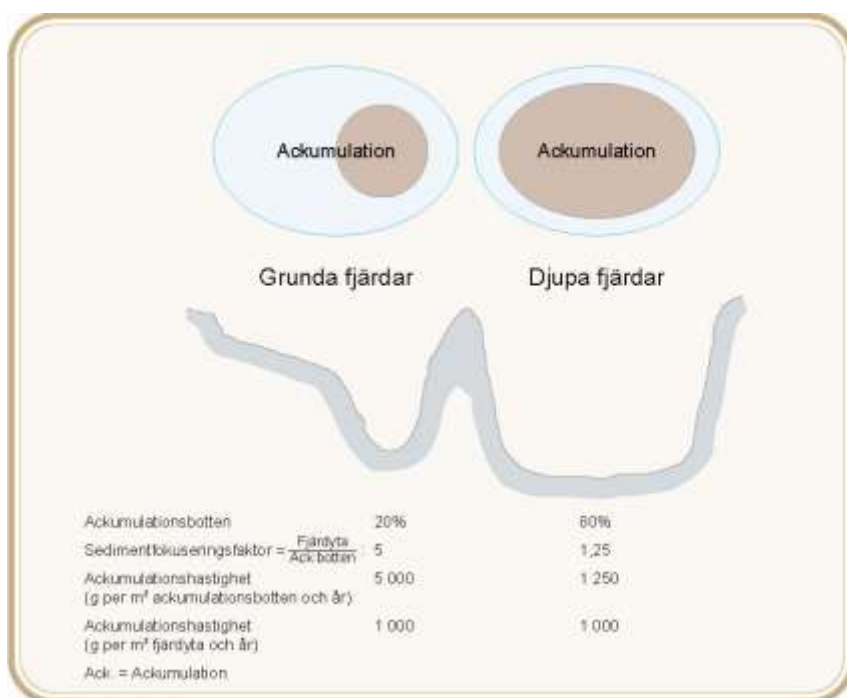
Figur 1 Principskiss över en recent lagerföljd från djupområde till strandzon.

Oftast återfinns E-/T-bottnarna på mindre vattendjup än A-bottnarna. En vanlig lagerföljd kan se ut som i Figur 1 där de olika sedimenttyperna börjar uppträda på olika vattendjup. I en opåverkad sjö eller skärgårdsfjärd domineras vanligen A-bottnarna av bioturberade lergyttjesediment. Om syrehalten vid botten längre eller kortare perioder underskrider 2-3 mg O₂/l har ofta bottenfaunan slagits ut mer eller mindre. Då finner man ofta laminerade, årsvarviga sediment (Persson and Jonsson, 2000; Jonsson et al., 2003). Om den organiska belastningen varit mycket hög kan man finna gasrika sediment som innehåller metangas och svavelväte.

Sedimentfokusering

Det är inte möjligt att göra en jämförelse av fastläggning i sediment mellan två fjärdområden om inte hänsyn tas till sedimentfokusering, vare sig det gäller den totala sedimentackumulationen eller rör sedimentfastläggning av enskilda ämnen (t ex metaller eller organiska miljögifter). Grundförutsättningen för att jämförelser skall kunna göras är att A-bottenarean bestäms, vilket vi har gjort genom en kombination av side scan sonarkartering och sedimentprovtagning. Principen för normalisering för sedimentfokusering illustreras i figur 2 och går helt enkelt ut på att omräkna sedimentackumulationen i ackumulationsområdena till att gälla för hela fjärdytan.

I det illustrerade exemplet (Fig. 2) är sedimentackumulationen per kvadratmeter A-botten mycket högre i den djupa fjärden jämfört med den grunda. Om hänsyn tas till fokuseringseffekten och sedimentackumulationen beräknas per kvadratmeter fjärdyta är det dock möjligt att göra jämförelser av sedimentfastläggningen. I detta exempel är sedimentackumulationen lika stor i båda fallen.



Figur 2 Principen för sedimentfokusering

MATERIAL OCH METODER

Fältningsarbetena utfördes den 2/5 och 15/6 2012 från undersökningsbåten R/V Perca (Fig. 3).



Figur 3 Undersökningsbåten R/V Perca.

Kartering med sidtittande sonar

I denna studie användes en side scan sonar av typ DeepVision (340 KHz) med towfish DeepEye 340 SS (DeepVision, 2009; Fig. 4). Svepvidden går att variera mellan 30-300 meter

åt varje håll beroende på bottenpografi och områdets djupförhållanden. I detta arbete användes varierande svepvidder vilka framgår av fältanteckningarna i Bilaga 1



Figur 4 Portabel side scan sonar av typ DeepVision (340 KHz).

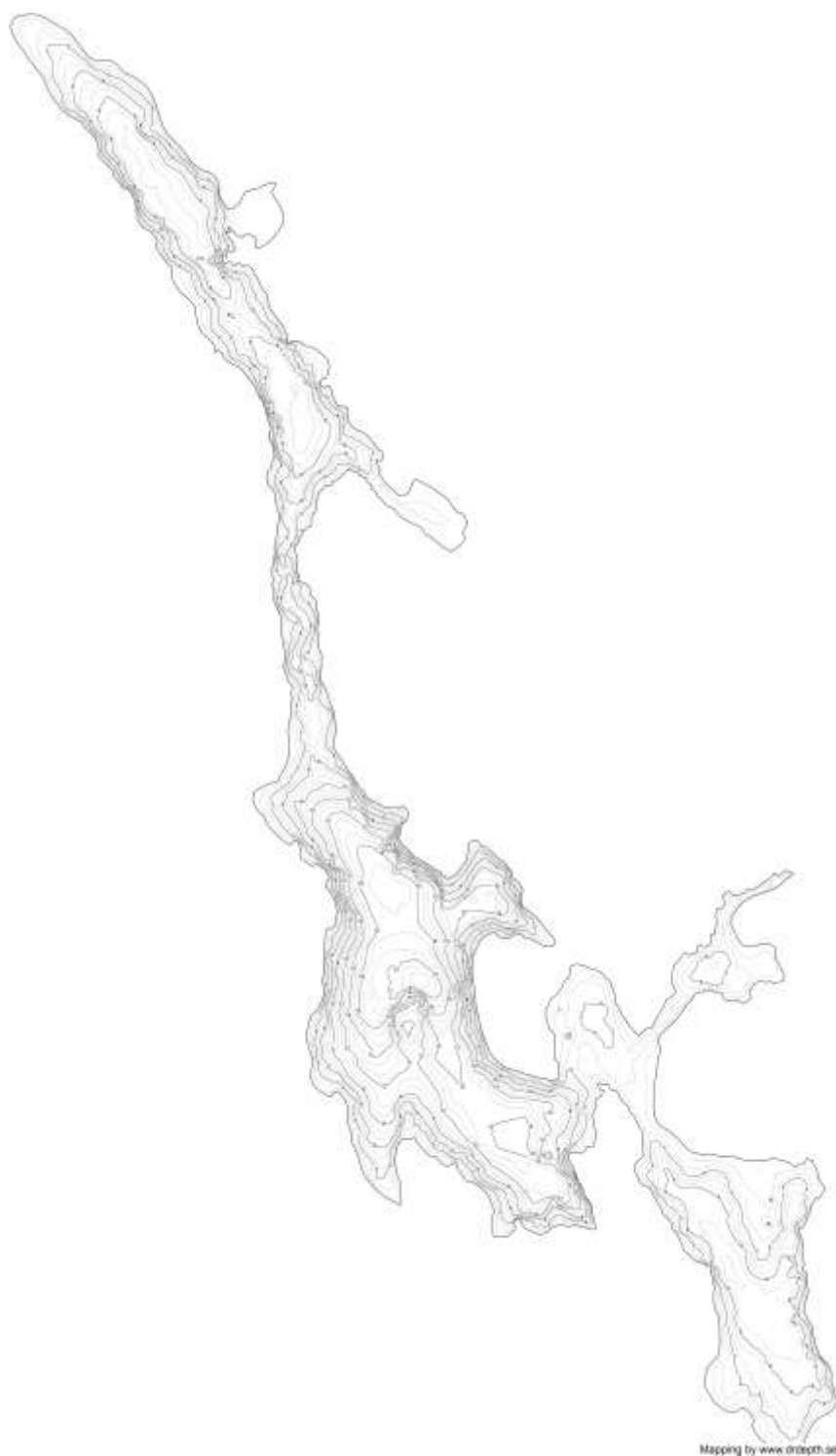
En sidtittande sonar använder ljudvågor för att registrera olika botten typer. Ordet sonar är en förkortning av "sound navigation and ranging". I en torpedliknande "fisk" som bogseras efter båten sitter två uppsättningar sändare/mottagare, som läser av babords respektive styrbords sida (vinkelrätt mot instrumentets färdriktning). Ljudvågor utsändes från sändaren i fisken och reflekteras mot botten. I fisken omvandlas dessa till elektriska impulser, som går till datorn ombord på båten, varvid en horisontell skalriktig bild av botten erhålles. Starka reflektioner (hårda bottenar och hårda föremål) avbildas som ljusa partier i sonarplottet och svaga reflektioner (mjuka bottenar) avbildas mörkare. Sonarkarteringen ger en ytriktig "flygbild" över botten.

Positionering

Positionsbestämning av transekter skedde med en GPS placerad i stort sett rakt ovanför sonarfisken. Provpunkternas positioner bestämdes med hjälp av en Garmin 182 GPS kartplotter. Positionsnoggrannheten med båda metoderna uppskattas till mindre än 5 meter.

Djupmätning

Ett navigationsekolod av modell Eagle Cuda 128 användes kontinuerligt under provtagningen för att registrera botten djupet och ge en uppfattning om bottedynamiken. Som underlag för kartering och provtagning hade vi tillgång till tidigare framtagen djupkarta (Fig. 5) byggd på programvaran DrDepth.

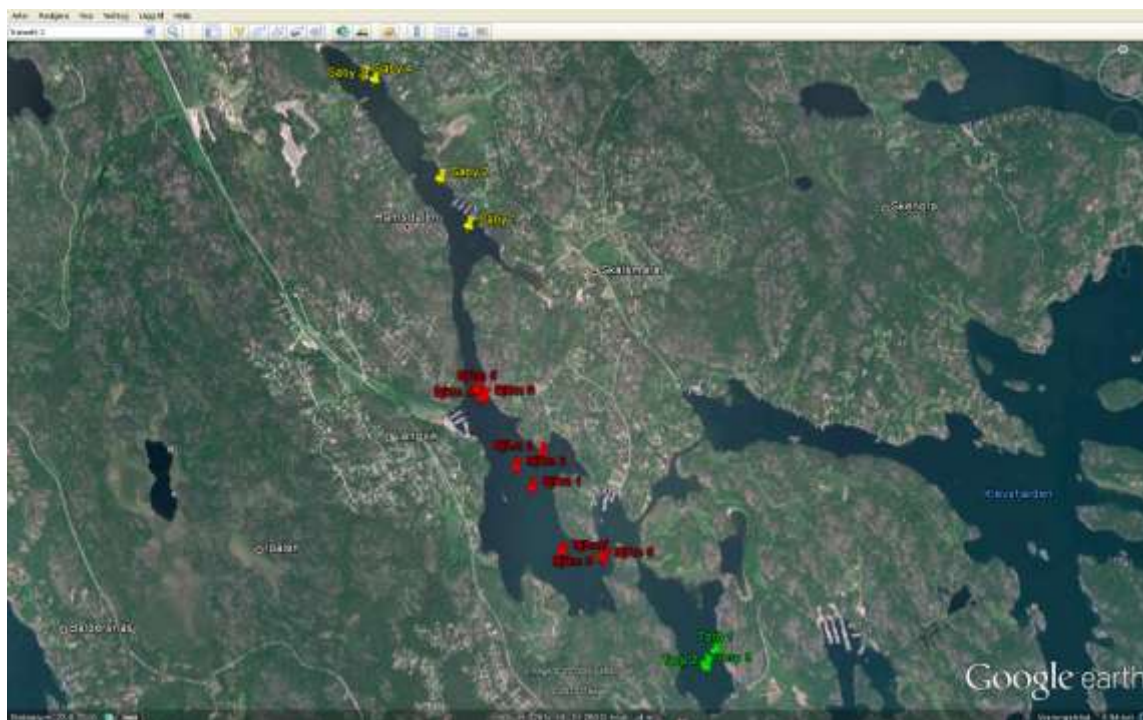


Figur 5 Djupförhållanden i Björnöfjärdsystemet framtagen med programvaran DrDepth (BalticSea2020, 2011).

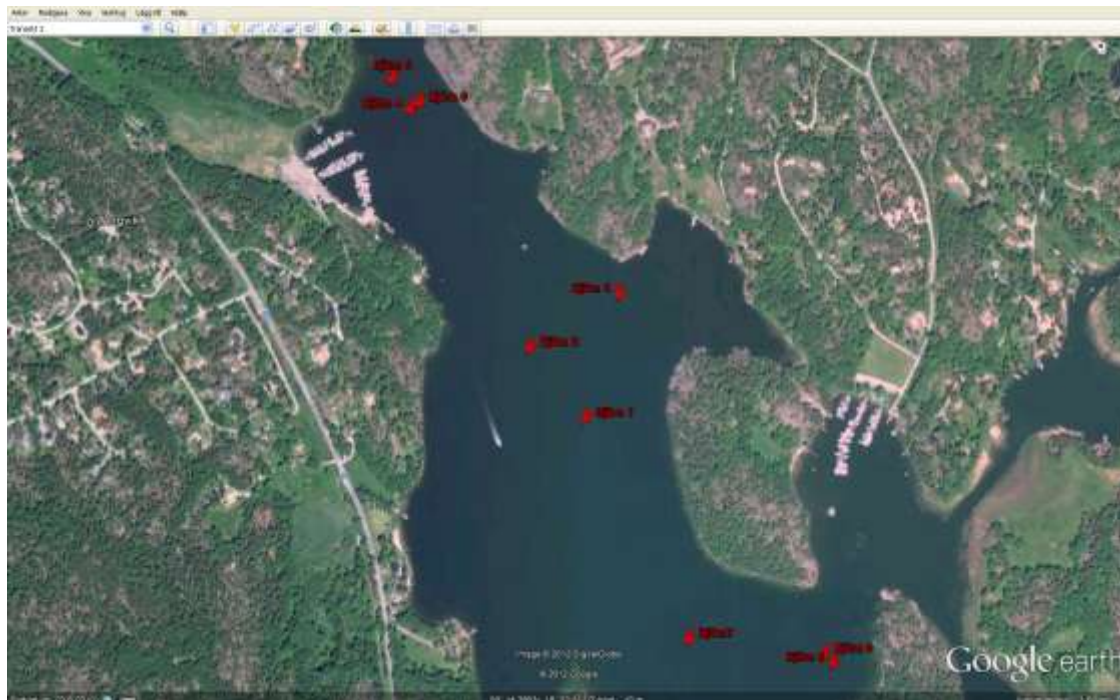
Sedimentprovtagning

Sedimentprovtagningen genomfördes den 2/5 och 15/6 2012 från forskningsfartyget R/V Perca på 16 provtagningsstationer i Björnöfjärdsystemet (Fig. 6), fördelade på 9 st i egentliga Björnöfjärden (Fig. 7), 4 st i Säbyviken (Fig. 8) och 3 st i Torpe-Infjärden (Fig. 9). Sedimentkärnor togs med rörhämtaren Gemini corer (Winterhalter, 1998; Fig. 10) som

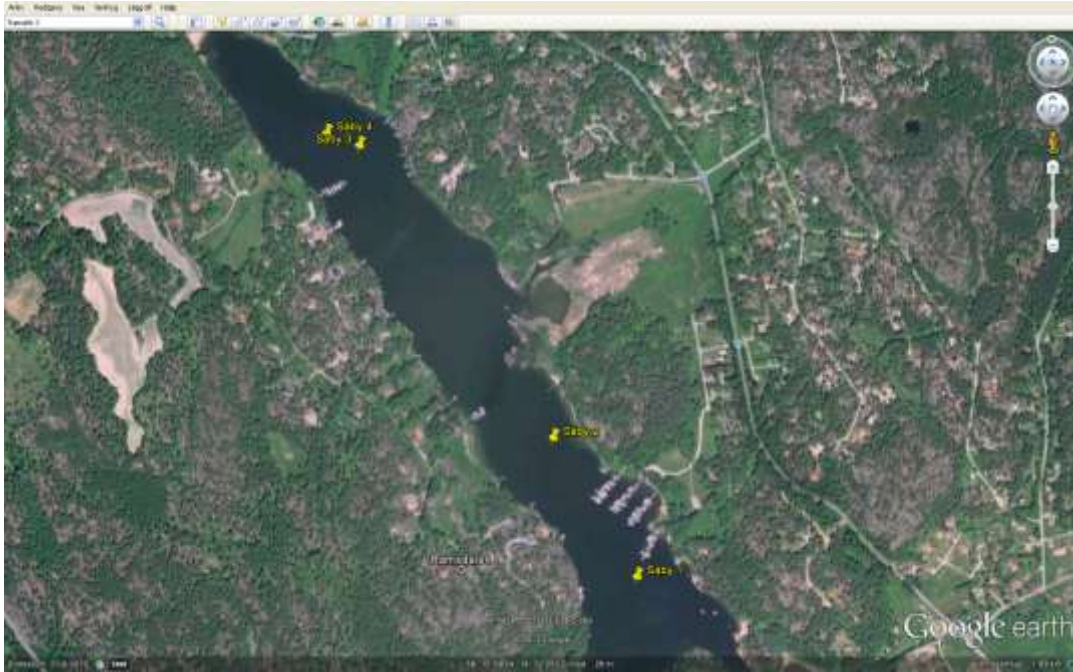
medger att intakta sedimentkärnor kan sparas. Kärnorna har tagits från områden som bedömts ha goda ackumulationsförutsättningar för finsediment ($< 63 \mu\text{m}$).



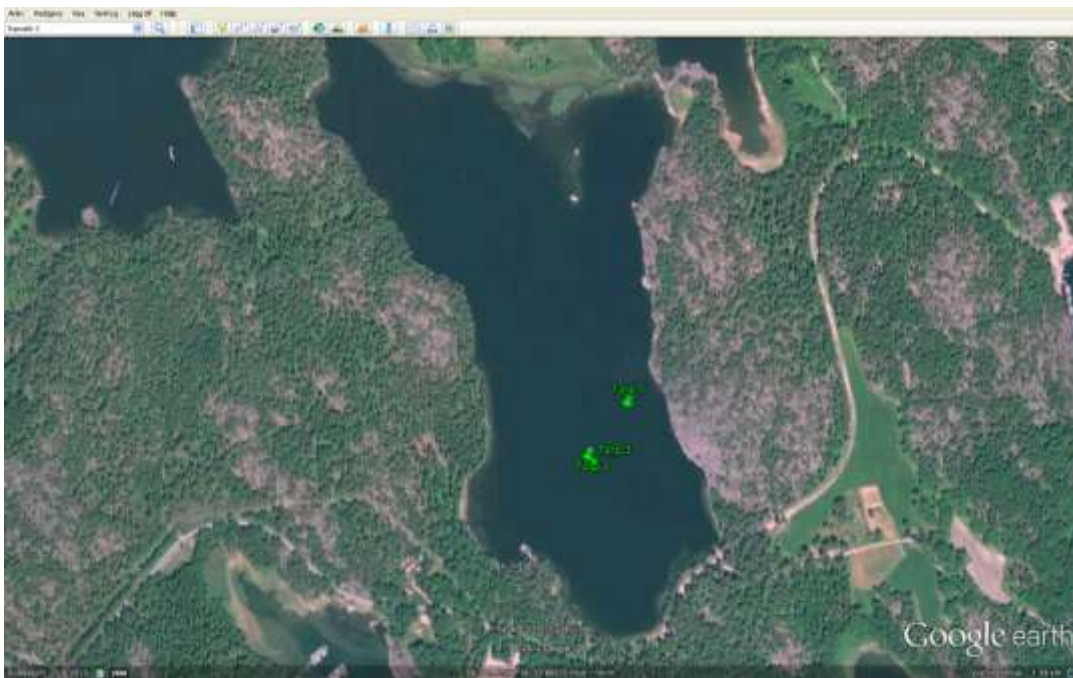
Figur 6 Sedimentprovtagningsstationer i Björnöfjärdssystemet.



Figur 7 Sedimentprovtagningsstationer i Björnöfjärden



Figur 8 Sedimentprovtagningsstationer i Säbyviken



Figur 9 Sedimentprovtagningsstationer i Torpe-Infjärden.

Sedimentprovtagare

Den av oss använda Gemini-hämtaren (Fig. 10) utvecklades under början av 1990-talet av den finske sedimentologen Lauri Niemistö. Hämtaren består av ett metallskelett i vilken man fäster två plaströr som medger fri vattenpassage på nedvägen. Två utfällda armar fungerar som låsmekanismer och slår igen då provtagaren tas upp. Detta förhindrar att sedimenten rinner ur provtagaren. Den är lätt att använda, framförallt på mjukbottnar, men kan även nyttjas på något hårdare sediment då det går att hänga på extra vikter. Provtagningsrören är genomskinliga, vilket medger en första kontroll av sedimentkärnornas utseende på plats i fält.

Rören är 80 cm långa och har en innerdiameter på 80 mm, vilket medger att relativt stora mängder prov kan tas ut för analys. Den stora fördelen med Geminihämtaren är att den tar två sedimentkärnor samtidigt. Därmed kan en kärna snittas direkt i fält och den andra kan användas för beskrivning av lagerföljder etc. Stor vikt lades vid att se till att sedimentytan var intakt, främst genom att konstatera förekomsten av klart vatten ovanför sedimentytan. Ett första intryck av sedimentkärnorna nedtecknades (oxiderat ytskikt, laminering etc.).



Figur 10 Geminihämtaren redo för nedfirning.

Dokumentation av sedimentkärnor

Sedimentkärnor avsedda för dokumentation placerades i frysbox i ca 2 timmar så att de yttersta 3-4 mm frös till för att undvika att löst sediment rann ut i samband med utskjutningen. Efter en snabb spolning med varmt vatten pressades sedimentkärnan ut ur röret med en utskjutare. Efter utskjutning av kärnan klövs den på mitten och de båda kärnhelvorna placerades i två rännor. De två halvorna fotograferades med digitalkamera. Bilderna överfördes sedan till dator för vidare bildanalys. I datorn analyserades kärnan noggrant med avseende på bl. a. laminering, varvantal, varvtjocklek, färg och struktur.

Datering

Avsikten var att datering av de insamlade sedimentkärnorna skulle genomföras med hjälp av varvräkning. Efter inledande examinering av de insamlade kärnorna konstaterades att de allra flesta var laminerade. Emellertid uppstod tveksamhet om de registrerade varven var årsvarv, eller om de kunde vara finstrukturer inom årsvarv. För att utröna detta valdes att insamla 3 kärnor från var och en av fjärdsystemets huvuddelar och på dessa genomföra datering med ^{137}Cs -analys. Som nedan redovisas under kapitlet "Resultat och diskussion" visade sig det dock att inga toppar erhöles som härrör från Tjernobylolyckan 1986. Orsaken till detta diskuteras nedan. Tack vare att en tydlig sedimenthorisont noterades, härrörande från muddring av fjärdinloppet 1968-69, kunde dock en referensnivå erhållas och utifrån denna har kärnorna daterats genom varvräkning.

Varvräkning

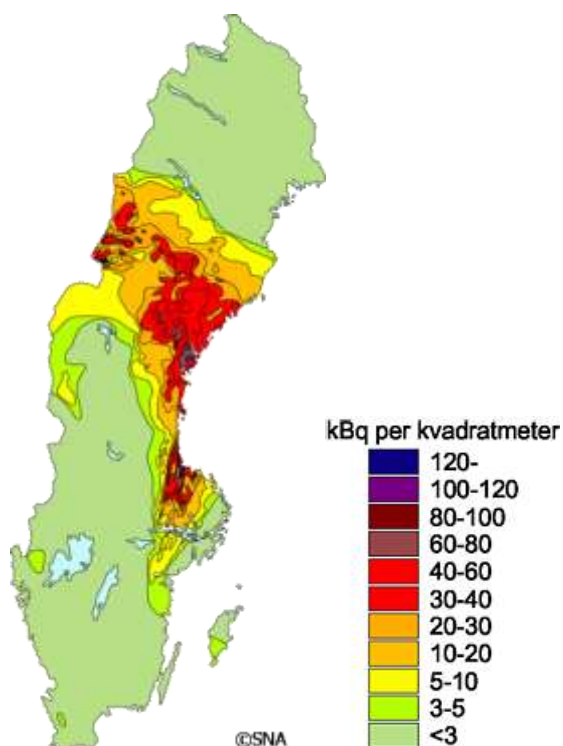
När syrehalterna vid bottenarna är så höga att bottendjur kan leva där, får bottensedimenten en speciell karaktär. Sedimenten avspeglar de miljöförhållanden som rådde då de bildades. Finns det bottendjur så gräver och bökar de i det lösa ytsedimentet och blandar om det (s.k. bioturbation) så att sedimentet från denna tid är en i stort sett homogen lera, utan synliga varv eller andra strukturer (Jonsson et al., 2003).

Om däremot syreförhållandena varit så dåliga att bottendjuren inte kan leva där (<2-3 mg syrgas/l), finner man oftast varviga (laminerade) sediment. Detta kommer sig av att det material som uppi från vattenmassan regnar ner till botten varierar i sammansättning från årstid till årstid. Eftersom inga djur funnits på bottenarna, har inte heller materialet blandats och då kvarstår skillnaderna. Ett årsvarv bildas. Lamineringen behöver inte innebära att djur saknas helt. Ofta finner man diffusa varvstrukturer som indikerar ett djurfattigt bottensamhälle som inte förmår blanda om sedimentet helt.

Åldersbestämningen av sedimenten genom varvräkning bygger på att varje lamina (varv) antas representera ett års deposition (Jonsson et al., 1990; Persson and Jonsson, 2000; Jonsson et al., 2003).

Radiocesium

Ett användbart hjälpmedel för att datera sediment är att analysera ^{137}Cs -aktiviteten i de olika varven. ^{137}Cs började uppträda först efter atombombstesterna i atomsfären i början av 1960-talet (med toppar runt 1963-64). Det största nedfallet av radiocesium i slutet av april 1986 när en reaktor i atomkraftverket Tjernobyl i Ukraina exploderade. Nedfallet av ^{137}Cs blev tämligen ojämnt fördelat över Sverige (Fig. 11).

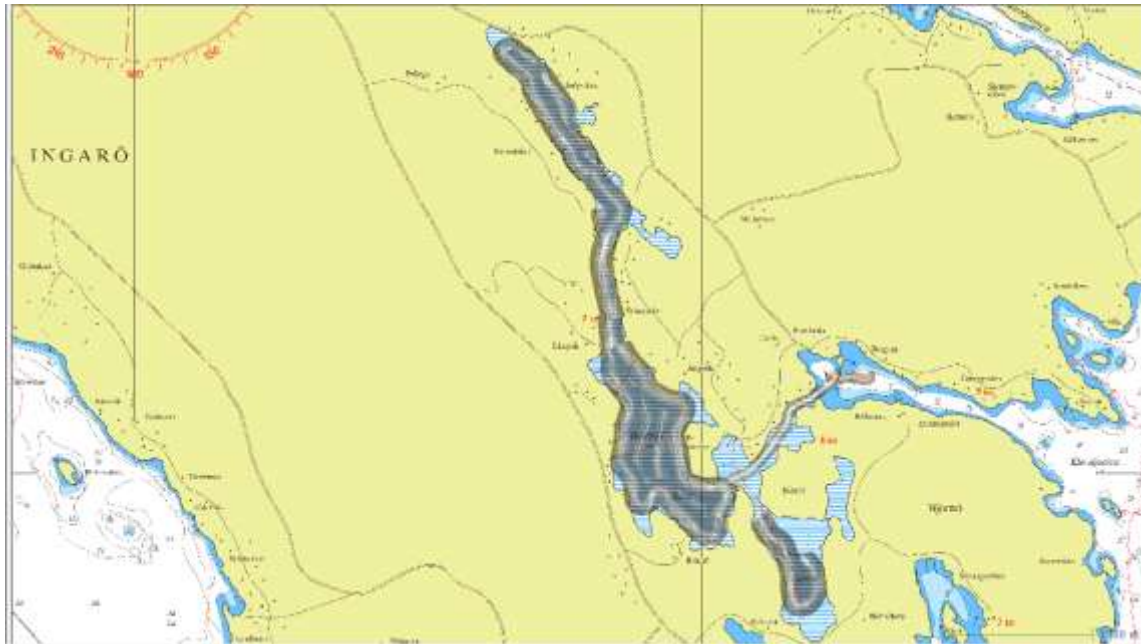


Figur 11 Nedfall av ^{137}Cs över Sverige efter Tjernobylolyckan i april 1986.

I sediment från sjöar och kustområden i Sverige brukar Tjernobylolyckan 1986 avspeglas tydligt som en markant topp (Meili et al., 1998). När nivån i sedimentet med maximal ^{137}Cs aktivitet identifierats beräknas den genomsnittliga sedimentationshastigheten i områden som fick direkt atmosfäriskt nedfall under antagandet att den maximala ^{137}Cs -aktiviteten representerar år 1986.

RESULTAT OCH DISKUSSION

Sonarkartering av Björnöfjärden

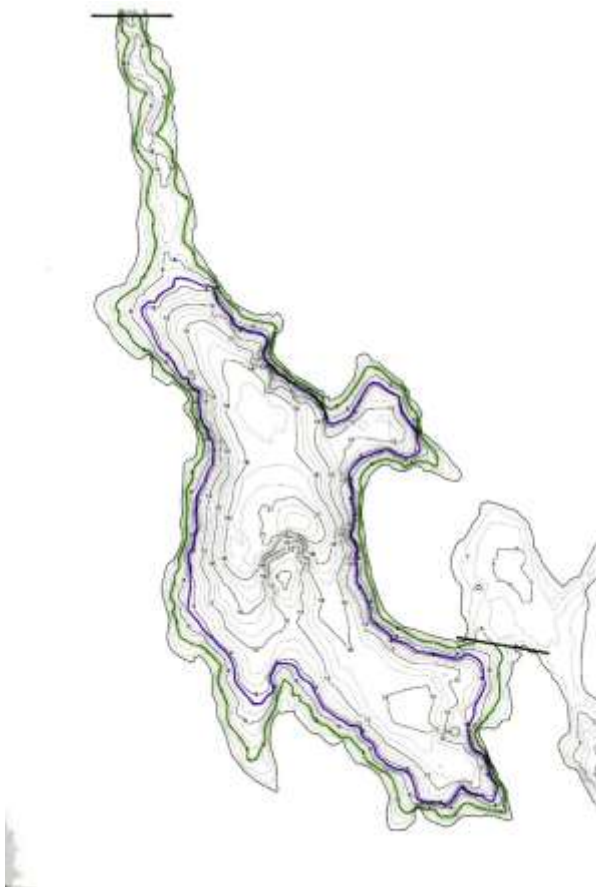


Figur 12 Side scan sonar-transektter från Björnöfjärden

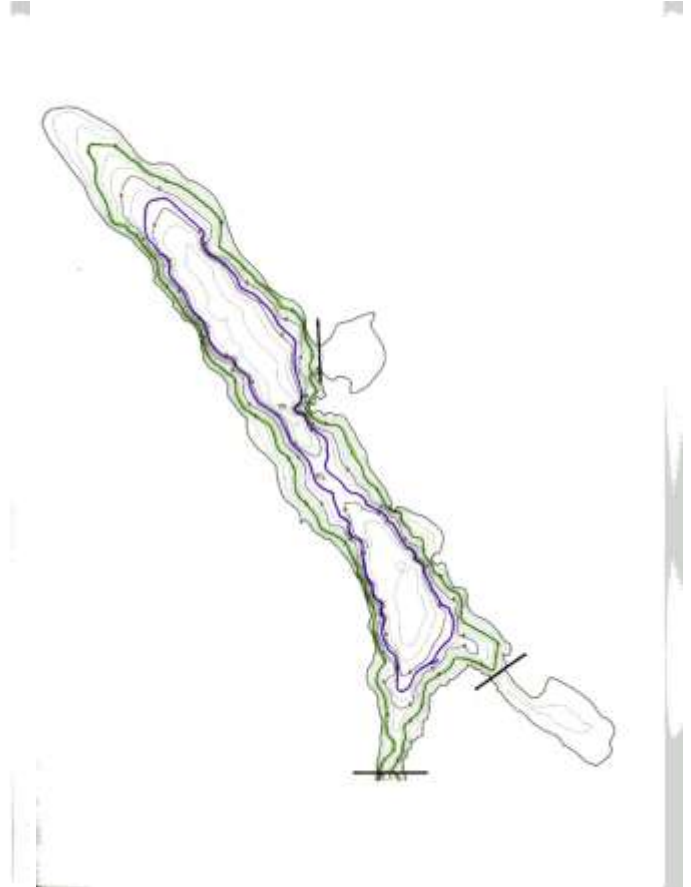
En inledande kartering med side scan sonar genomfördes den 2 maj 2012 i Björnöfjärds-systemet längs ett flertal transekter som framgår av figur 12. Provtagningsbåtens fart under karteringen var ca 5 knop. Sonarens svepvidd valdes till 2x70 m i alla transekter i de olika fjärdedlarna. I samband med förnyad sedimentprovtagning den 15 juni 2012 kördes även en side scan sonar-transekt i Björnöfjärdens inloppskanal från Eknäsviken in till syd Toholmen. Svepvidden i kanalen var 2x30 m.

Bottendynamiska förhållanden

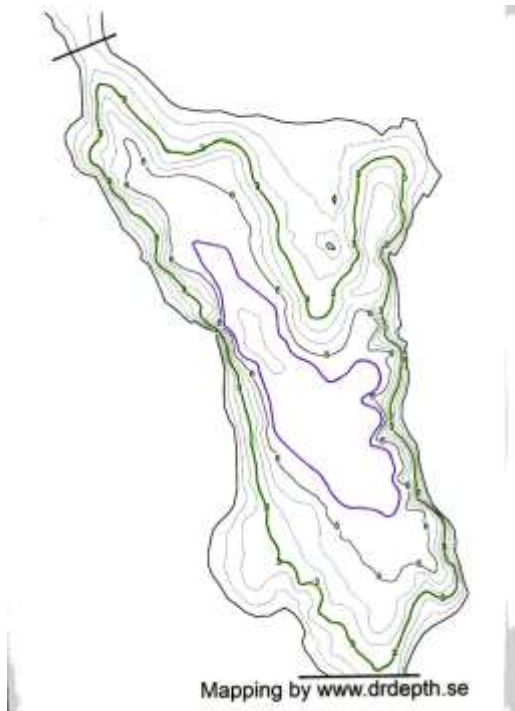
Utifrån det insamlade side scan sonar-underlaget och genomförda sedimentprovtagningar på 16 stationer i fjärdsystemet (Fig 6) har bottendynamiska kartor uppritats över den egentliga Björnöfjärden (Fig. 13), Säbyviken (Fig. 14) och Torpe-Infjärden (Fig. 15). Notera att skalorna kan vara olika i kartorna.



Figur 13 Bottendynamisk karta för egentliga Björnöfjärden. Den **gröna** linjen representerar gränsen mellan erosions- och transportbottnar (E/T) å ena sidan och ackumulationsbottnar (A) å den andra. Den **lila** linjen representerar gränsen mellan bioturberade och laminerade bottenar. Begränsningslinjer för beräkning av arealer representeras av **svarta** linjer.



Figur 14 Bottendynamisk karta för Säbyviken. Den **gröna** linjen representerar gränsen mellan erosions- och transportbottnar (E/T) å ena sidan och ackumulationsbottnar (A) å den andra. Den **lila** linjen representerar gränsen mellan bioturberade och laminerade bottenar. Begränsningslinjer för beräkning av arealer representeras av **svarta** linjer.



Figur 15 Bottendynamisk karta för Torpe-Infjärden. Den **gröna** linjen representerar gränsen mellan erosions- och transportbottnar (E/T) å ena sidan och ackumulationsbottnar (A) å den andra. Den **lila** linjen representerar gränsen mellan bioturberade och laminerade bottnar. Begränsningslinjer för beräkning av arealer representeras av **svarta** linjer.

Provtagningsprotokollen redovisas i Bilaga 1 och bilder på sedimentkärnor och ytsediment i Bilaga 2. Ett genomgående mönster är att gränsen mellan ackumulationsbottnar (A-bottnar) å den ena sidan och erosions-/transportbottnar (E/T-bottnar) å den andra går vid 2-4 m. Denna uppskattning har gjorts utifrån sonarunderlaget och transekter från djupare till grundare områden i olika delar av fjärdsystemet. Längs branta klipp- och moränstränder kan dock gränsen för A-bottnar ligga betydligt brantare där botten flackar ut nedanför branten. Sådana avvikelser har inte detaljstuderats men kan vid behov fastställas genom noggrann genomgång av side scan sonar-plotten. Utifrån det hittills insamlade underlaget tycks det inte vara frågan om några stora skillnader i olika delar av fjärden utan som en god approximation kan gränsen för A-bottnar antas ligga på 3 ± 1 m. Om man önskar att mer i detalj fastställa dessa gränser kan sedimentprovtagning genomföras i fler djupgradienter spridda över fjärdsystemet.

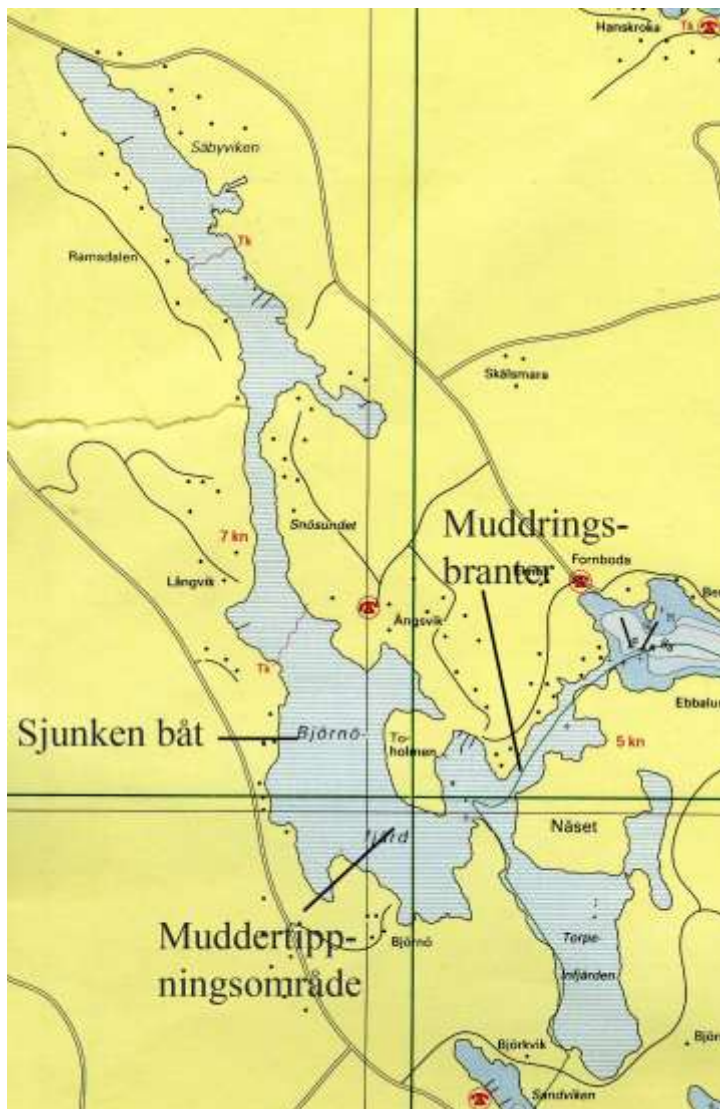
Utifrån studium av de insamlade sedimentkärnorna kan gränsen mellan bioturberade och laminerade bottnar fastställas till 8 ± 1 m i Björnöfjärden och Säbyviken medan i Torpe-Infjärden har vi valt 7 ± 1 m. I Tabell 1 har de olika delarna av Björnöfjärdssystemets bottenareal ställts i relation till dels arealen A-bottnar, dels arealen laminerade bottnar 2012. Den höga andelen A-bottnar resulterar i en låg (1,3-1,5) sedimentfokuseringsfaktor.

Tabell 1 Björnöfjärdssystemets arealförhållanden, andel A-bottnar, andel laminerade bottnar och fokuseringsfaktor.

Fjärdavsnitt	A-bottnar (% av total)	Laminerade bottnar (% av total)	Fokuseringsfaktor
Eg. Björnöfjärden	80	59	1,3
Säbyviken	73	37	1,4
Torpe-Infjärden	68	15	1,5

Iakttagelser från sonar-underlaget

En stor mängd iakttagelser kan göras beträffande bottenformationer etc. utifrån side scan sonar-underlaget. Alla dessa speciella företeelser kan med fördel studeras genom systematisk genomgång av de enskilda sonar-filerna. I det följande nämns endast några mycket påtagliga iakttagelser som gjorts utifrån sonarplotten (Fig. 16).



Figur 16 Påtagliga iakttagelser utifrån side scan sonar-underlaget.

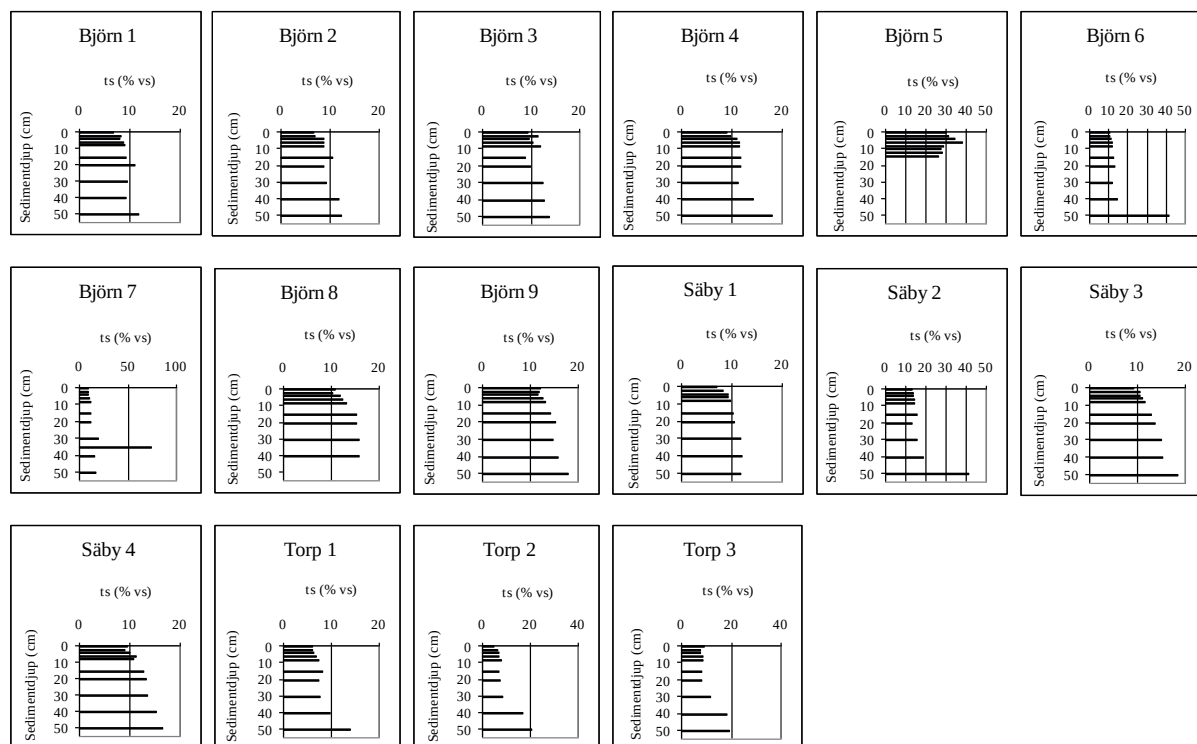
Studie av sedimentprover

Torrsubstanshalten i de flesta stationer uppvisar ett successivt förlopp från 10-18 % (Fig. 17) i de djupare sedimentlagren till 6-12 % i ytsedimenten. Glödningsförlusten (LOI) (Fig. 18)

visar genomgående höga värden med 10-20 % i de nedre sedimentlagren och 15-30 % i de övre. Detta visar att de flesta kärnorna indikerar goda ackumulationsbottenar.

Det finns dock en del intressanta avvikelser som förtjänar att kommenteras.

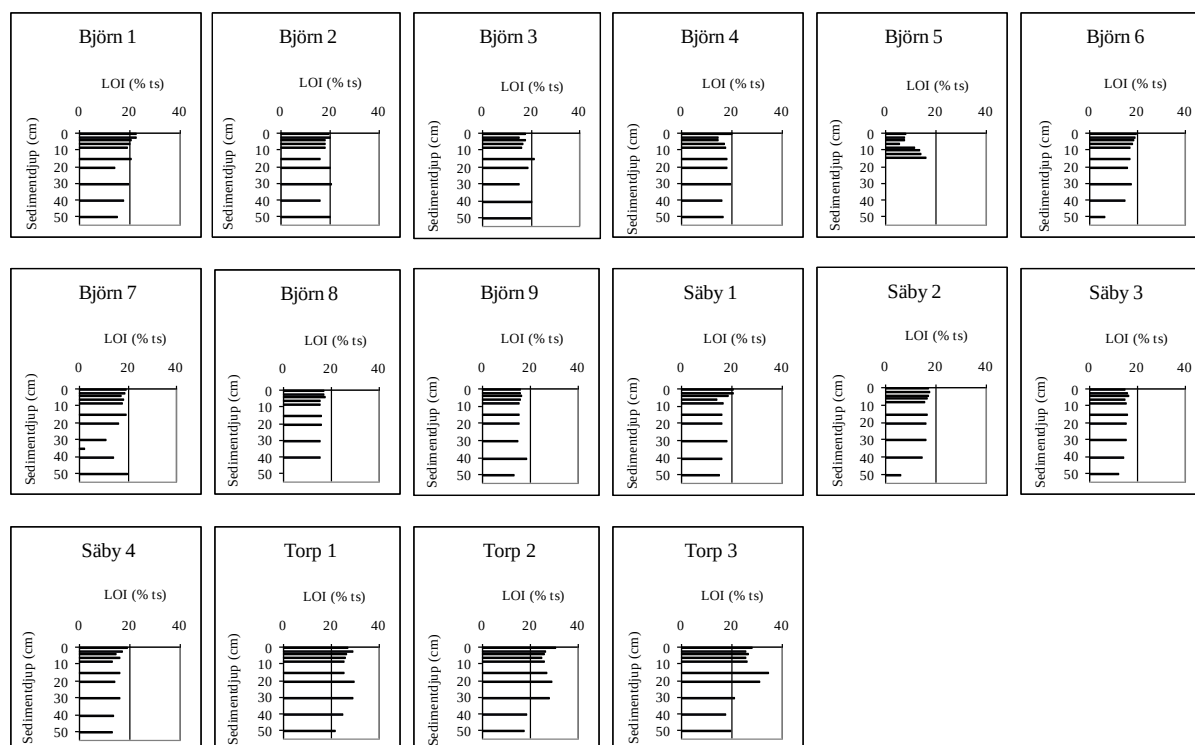
Torrsubstanshalten är hög (26-38 %) i Björn 5 och indikerar transportbotten, vilket styrks av den sjunkande LOI-halten mot sedimentytan.



Figur 17 Torrsubstanshalten (ts) i 16 sedimentkärnor från Björnöfjärdssystemet.

En mycket tydlig avvikelse kan noteras i Björn 7 där torrsubstanshalten är så hög som 73 % på 35 cm djup i kärnan samtidigt som LOI sjunker till 2 %. Detta indikerar ett tydligt minerogent inslag på denna nivå vilket avviker från kärnans utseende på andra nivåer.

En annan tydlig avvikelse kan noteras i alla tre kärnorna från Torpe-Infjärden där glödningsförlusten ökar påtagligt i de översta delarna av kärnorna. Detta sker samtidigt med en fördjupning av inloppet och parallellt med en omfattande etablering av fritidshus i området.



Figur 18 Glödgningsförlusten (LOI) i 16 sedimentkärnor från Björnöfjärdssystemet

Vattenhalten (W) och glödgningsförlusten (LOI) i ytsedimentprover kan enligt Håkanson and Jansson (1983) användas för att erhålla en indikation på bottenypen. I Tabell 2 har "tumregler" rörande sambanden mellan W, LOI och bottenyp sammanställts. Även utifrån denna tabell är de tagna sedimentkärnorna utom Björn 5 att karaktärisera som A-bottnar.

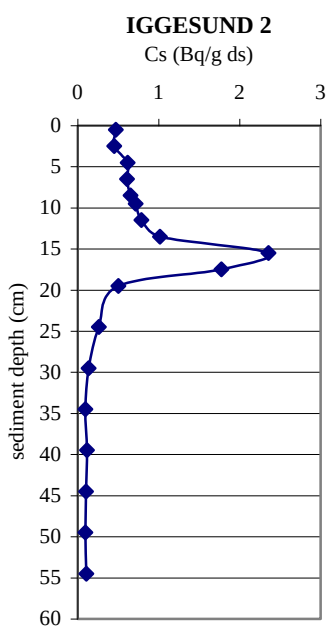
Tabell 2 Samband mellan vattenhalt (W) och glödgningsförlust (LOI) i ytsediment och bottenyp (från Håkanson and Jansson, 1983).

Bottenyp	ts (% vs)	LOI (% ts)
Erosionsbotten	50-100	<4
Transportbotten	20-50	4-10
Akkumulationsbotten	1-25	>10

Datering

Som framgår av rapporten Jonsson et al. (2003) är det mycket vanligt med laminerade sediment i skärgårdsfjärdar längs Svealandskusten. Vår arbetshypotes var därför att vi skulle kunna datera sedimentkärnorna i Björnöfjärden med hjälp av varvräkning. Hypotesen stämde och tydliga varvstrukturer erhöles i samtliga sedimentkärnor (13) som tagits på större djup än 8 m. Emellertid var varvstrukturerna inte entydiga. I flera kärnor från de djupaste delarna av fjärden noterades en stor mängd varvsformationer med en mäktighet av oftast några millimeter. I grundare delar av fjärdsystemet var varven betydligt mäktigare och frågan var då om de tunna varven i djupområdena var årsvarv eller ej. För att utröna detta gjordes en förnyad provtagning av två sedimentkärnor från egentliga Björnöfjärden och en kärna från Säbyviken för ¹³⁷cesiumanalys.

Cesiumprofiler ner i sedimentkärnor kan ha ganska olika utseende främst beroende på om kärnan är bioturberad eller ej. Bioturbation orsakas av att bottendjuren som lever i ytlagren på sedimentet blandar om materialet. I figur 19 redovisas en sedimentkärna från Iggesundsområdet i Bottenhavet där cesiumprofilen är ett skolexempel på hur tydlig influensen från Tjernobylolyckan kan vara i sediment där bioturbationen är försumbar. I områden med bioturbation får kurvan ett mycket mer utjämnat utseende utan tydlig aktivitetspik representerande 1986.

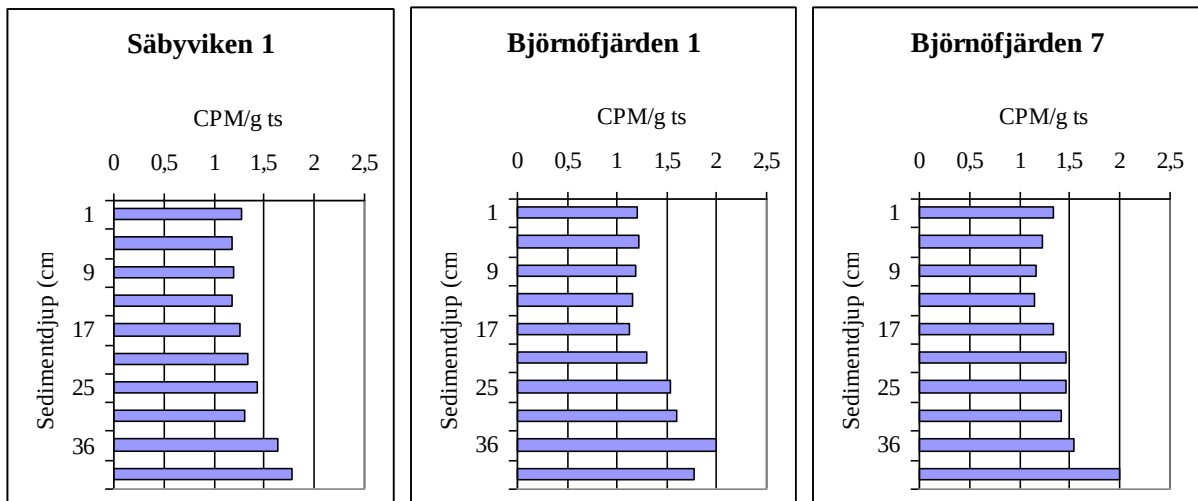


Figur 19 Radiocesiumaktivitet i en sedimentkärna från Gårdsfjärden utanför Iggesund (Jonsson 2002) .

Resultatet av cesiumdateringen av Björnöfjärdskärnorna var till dels nedslående (Fig. 20). Inga tydliga toppar kunde detekteras. Detta var något förvånande eftersom man i fjärder i havet utanför Björnöfjärden har funnit markerade toppar. Som framgår av nedfallsmönstret av ^{137}Cs över Sverige (Fig. 11) var dock nedfallet över Stockholms skärgård mycket lågt jämfört med andra hårt drabbade områden främst längs Bottenhavskusten. Varför har man trots detta kunnat detektera tydliga Tjernobylopikar i skärgårdens sediment? Meili et al. (2000) konstaterade att tillförseln av radioaktivt cesium har kommit med vattenströmmar till Stockholms skärgård från Bottenhavet. Tjernobylopiken i detta område är ungefär ett år försenad och representerar sålunda 1987. Det trånga inloppet och den därigenom begränsade vattentillförseln från utanför liggande skärgård in till Björnöfjärdssystemet är troligen orsaken till avsaknaden av förhöjda cesiumhalter i samband med Tjernobylolyckan.

Däremot noteras i alla tre kärnorna tydliga ökningar nedåt i kärnorna med påtagligt förhöjda aktiviteter på 35-40 cm djup. Dessa ökningar kan mycket väl härröra från de storskaliga atombombsproverna som ledde till ett ^{137}Cs -maximum runt hela jordklotet. Eftersom detta cesium tillfördes från atmosfären visar det sig även i Björnöfjärden medan den vattenburna tillförseln från Tjernobyl inte når in i fjärden.

I kärnan Björn 7 (Fig. 21), som tagits på 15,2 meters djup SV Toholmen (se Fig. 7), noterades

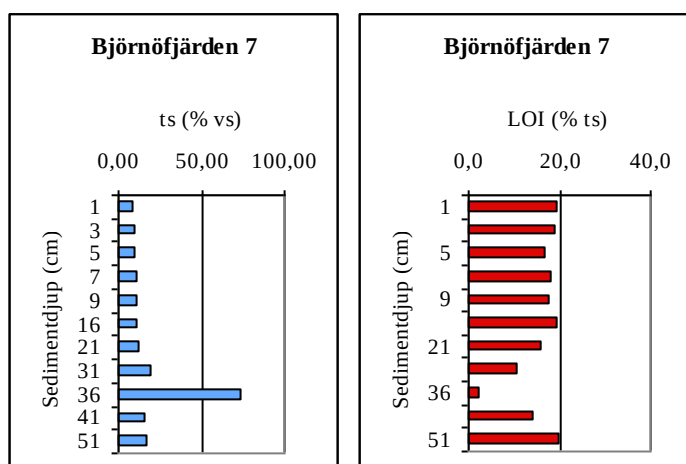


Figur 20 Radiocesiumaktivitet i tre sedimentkärnor från Björnöfjärden

mycket tydliga och helt avvikande sedimentstrukturer på 27-39 cm djup ifrån vad som iaktogs i andra delar på kärnan. Detta indikerar att något mycket dramatiskt inträffat i fjärden när dessa sedimentnivåer avsattes. Det ljusa materialet utgörs till stor del av lerpartiklar, vilket även framgår av den mycket högre torrsbstanshalten och mycket lägre glödgningsförlusten (Fig. 22) i skiktet från 36 cm (representerande 35-37 cm).



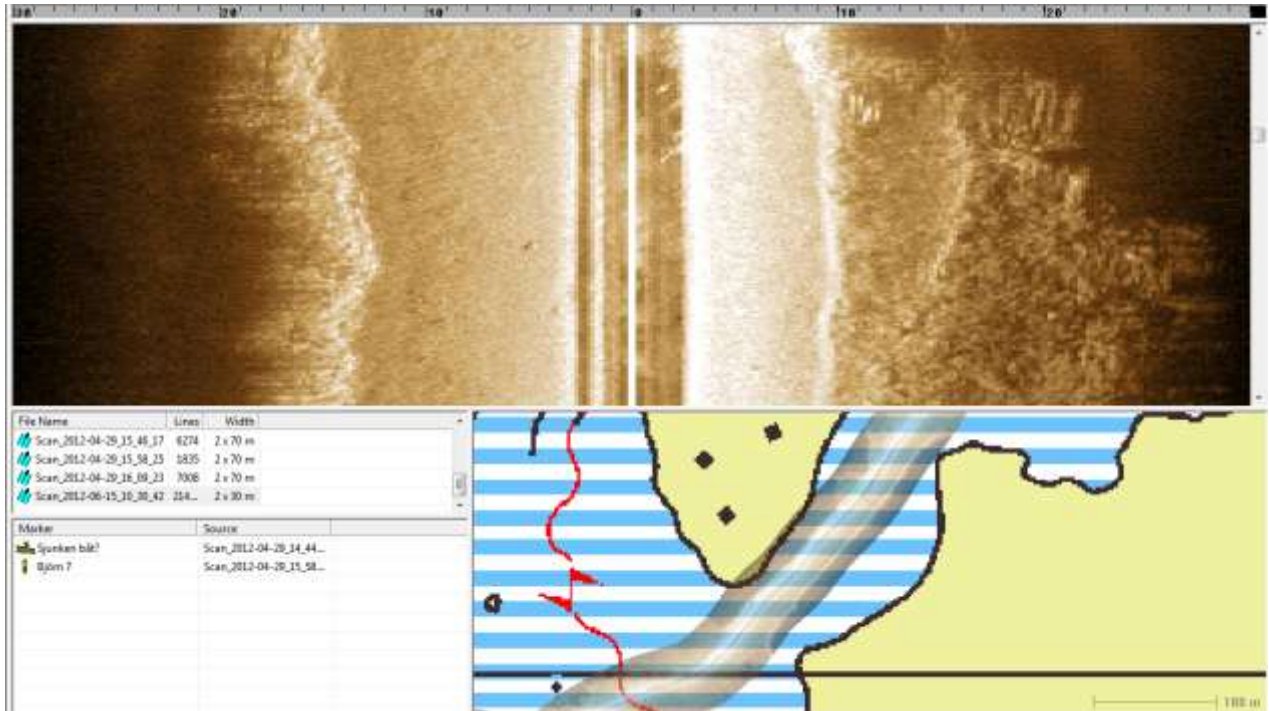
Figur 21 Bild av den delade sedimentkärnan från station Björn 7.



Figur 22 Torrsubstanshalt (ts) och glödningsförlust (LOI) i sedimentkärnan från station Björn 7.

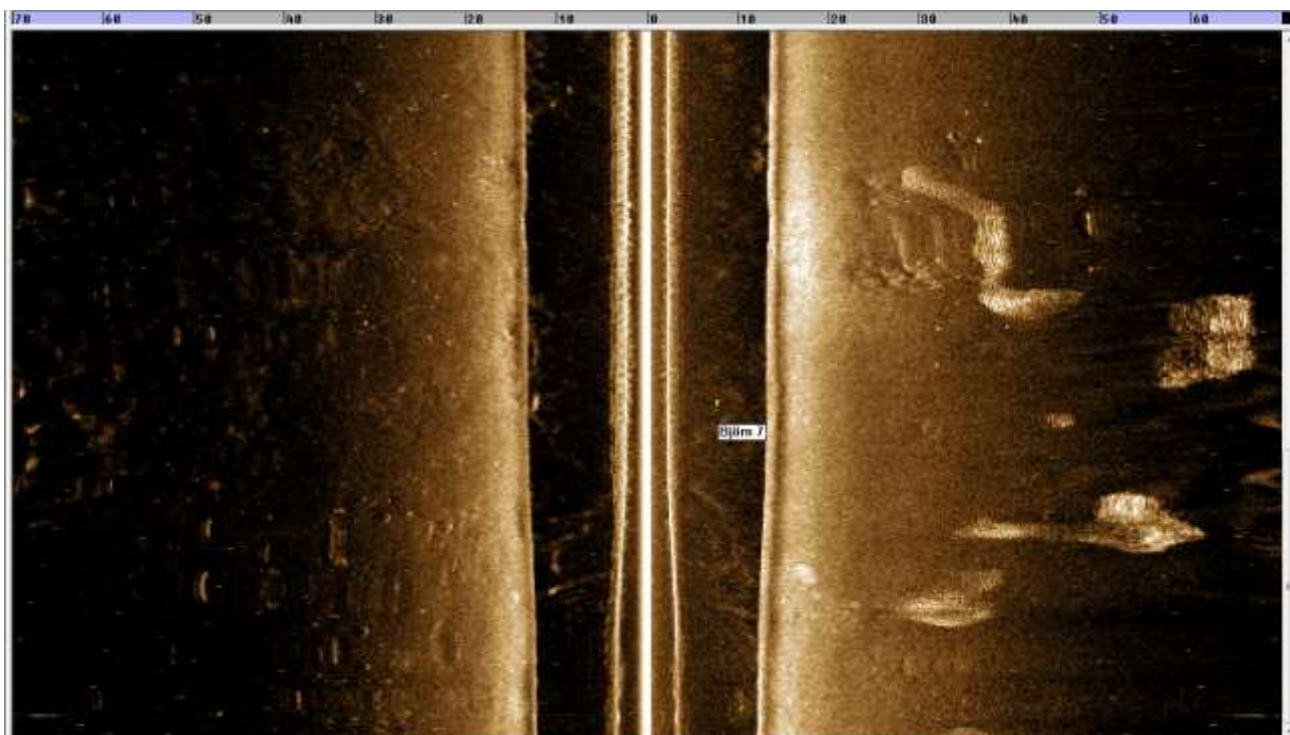
I samband med att sedimentkärnor samlades in för cesiumdatering den 15 juni 2012 gjordes även en side scan sonarkartering av inloppet till Björnöfjärden. Som framgår av figur 23 är det mycket tydligt att muddring har skett av inloppet tidigare. I den övre halvan av bilden återges en ca 20 m lång och 60 m bred "flygbild" över bottenförhållandena i sundet SO Toholmen. Längst upp visas en skala i meter åt styrbord till höger och babord till vänster. Den nedre högra bilden visar side scan sonarspåret i sundet. Mycket tydliga branter (kraftig reflektion - ljust) kan noteras styrbord om båten på 7-10 m och om babord på 13-15 m. Reflektionen (ljust) mitt i sundet indikerar förhållandevis hårt material som sannolikt består av glacial eller postglacial lera.

För att kunna tidsmässigt datera det tydligt avvikande skiktet i kärnan från Björn 7 antogs att detta uppstått i samband med fördjupningen av inloppet. Inga uppgifter fanns om detta vare sig hos länsstyrelsen eller kommunen, varför JP tog kontakt med boende i närheten av inloppet. Detta resulterade i klara besked att muddring (grävning, sprängning) och därmed fördjupning skett av inloppet från ca 0,5 m till 1,8-1,9 m under åren 1968 och 1969 i samband med utbyggnaden av det planerade fritidshusområdet Ängsvik (Reidar Lind, pers. medd.). En del av muddermassorna transporterades ut i utanförliggande skärgårdsområde, men en del dumpades SV om Toholmen inne i Björnöfjärden (Carl Wincrantz, pers. medd.). För transporten användes en 20-30 m lång pråm med öppningsbar botten.

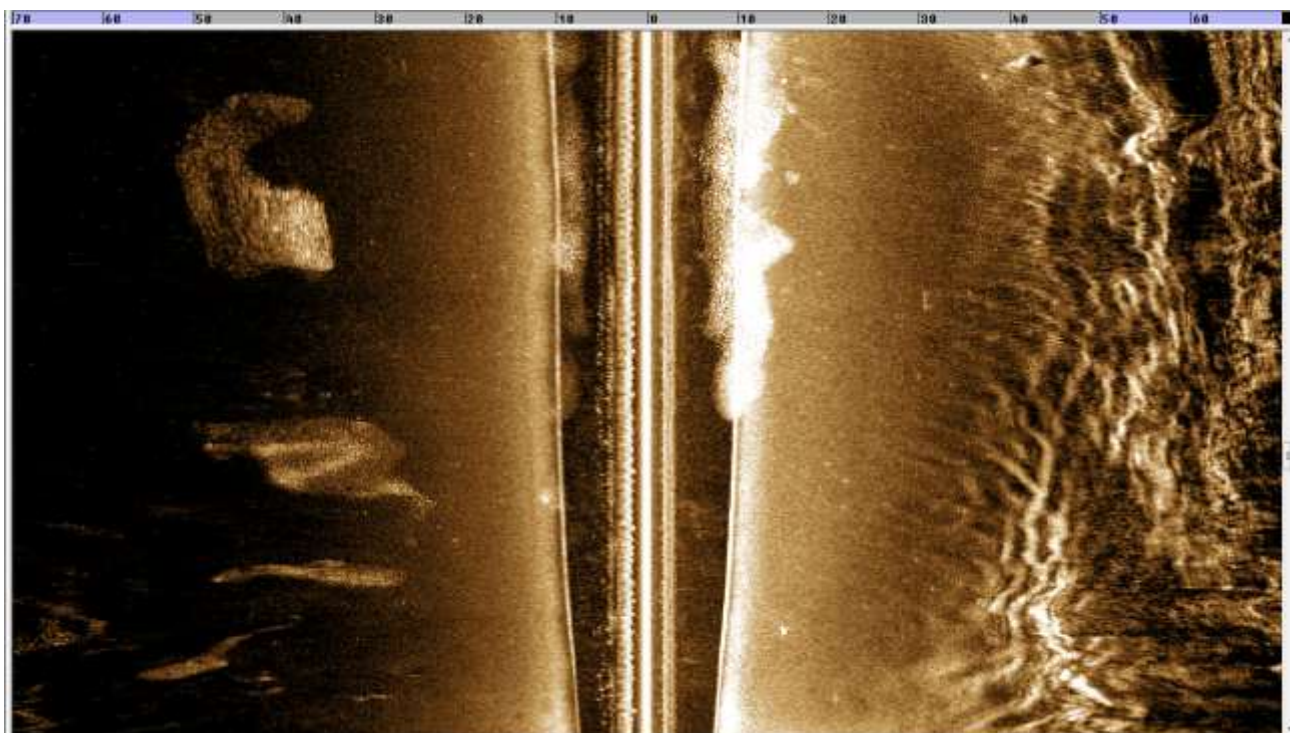


Figur 23 Skärmdump visande side scan sonar-plott över inloppet till Björnöfjärden syd och sydost Toholmen.

Vid sonarkarteringen av Björnöfjärden noterades ett antal tydliga ekon sydväst om Toholmen på ca 15 meters djup (Fig. 24 och Fig. 25). Dessa avviker till utseendet från naturliga bottenformationer och antas utgöras av dumpade muddermassor från fördjupningen av Björnöfjärdens inlopp. Om bilden i figur 24 zoomas ser man att positionen för sedimentprovtagningsstationen Björn 7 ligger i den "blinda" sektorn rakt under sonaren. Avståndet till ekona som bedömts som muddermassor i bildens högra sida är endast 20-50 m och förklarar varför sådana tydliga sedimenthorisonter noterats i kärnan Björn 7 (Fig. 21)



Figur 24 Sonarplott över trolig muddertippningsplats SV Toholmen. Ekona i figurens högra del är mellan 10 och 30 meter långa och stämmer väl överens i storlek med den använda pråmen (20-30 m lång). I den mörkare "blinda" sektorn i mitten av bilden har positionen för provtagningsstationen Björn 7 lagts in.



Figur 25 Sonarplott som tagits knappt 100 m öster om föregående bild. Även här ses ekon som med största sannolikhet är tippade muddermassor dels omedelbart till höger om den "blinda" sektorn (kraftigt, ljusst eko), dels i bildens vänstra del.

Tack vare fördjupningen av inloppet av fjärden har vi sålunda fått en mycket bra lednivå som klart visar att de finare varvstrukturerna i Björnöfjärdens djupare delar representerar inomårsvariationer och inte är att karaktärisera som årsvarv.

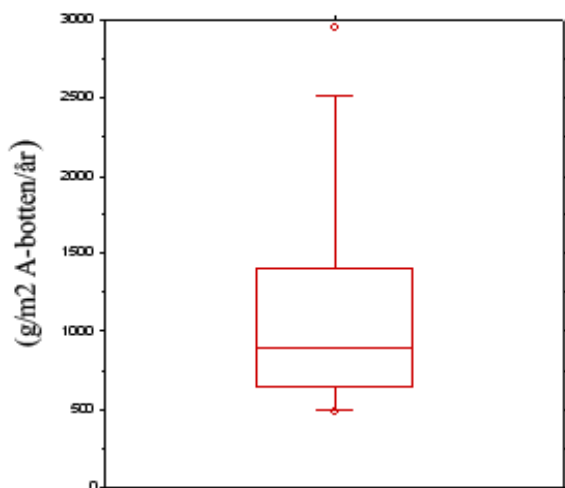
Deposition

Sedimenttillväxten i Björnöfjärdsområdets ytsediment (0-5 cm) varierar mellan 7 och 20 mm med ett medianvärde på 12 mm (Tab. 3). Utifrån analyser av torrsubstanshalt och glödningsförlust kan torrsubstansdepositionen beräknas i enlighet med formel i Håkanson & Jansson (1983).

Tabell 3 Sedimentdata från undersökningsområdet

Område/Fjärd	Andel A-bottnar (%)	Sediment- fokuserings- faktor	Lam. bottnar (%)	Sed.tillväxt i ytsed. (0-5 cm) (mm/år)	ts-dep (g m ⁻² år ⁻¹ A-botten)	ts-dep (g m ⁻² år ⁻¹ fjärdyta)	kol-dep (g m ⁻² år ⁻¹ fjärdyta)	Antal kärnor (n)
Eg. Björnöfjärden	80	1,3	59	12 (7-20)	1100	850	60	8
Säbyviken	73	1,4	37	15 (11-17)	1510	1080	76	4
Torpe-Infjärden	68	1,5	15	8 (7-9)	700	470	52	2
MEDEL	74	1,4	37	12 (7-20)	1100	800	63	14

Som framgår av Fig. 26 varierar torrsubstansdepositionen inom ganska vida gränser (496 och 2950 g/m² A-botten/år) i undersökningsområdet med ett medianvärde på 895 g/m² A-botten/år.



Figur 26 Boxplot av torrsubstansdepositionens (g/m² A-botten/år) variation i Björnöfjärdsområdet (n=14). Denna boxplot visar medianvärdet, 10, 25, 75 och 90 percentilerna liksom outliers som avviker mer än 80 % från medianvärdet.

I Tabell 3 har bottendynamiska data för Björnöfjärdsområdet sammanställts för att möjliggöra jämförelser med andra fjärdområden längs Östersjökusten (Tabell 4). Undersökningsområdet har en i runda tal 2 ggr högre andel A-bottnar än medelvärdet för 43 fjärdar från

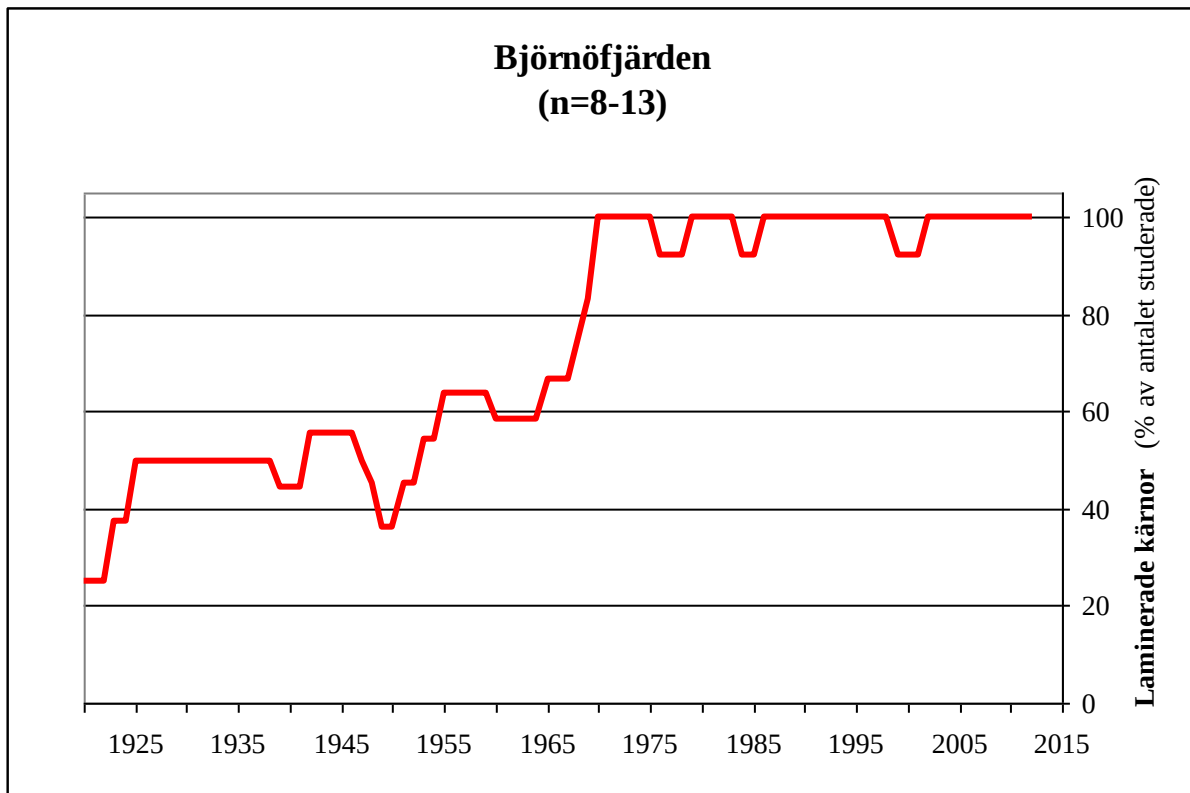
Ångermanälvens mynningsområde i norr till St. Anna i söder. Sedimenttillväxten i A-bottnarnas ytsediment är 30 % lägre än i genomsnittsfjärden. Torrsubstansdepositionen är mindre än 50 % av genomsnittsfjärden. Tack vare den högre arealen A-bottnar är dock depositionen per fjärdyta i det närmaste lika med genomsnittsfjärdens. Även koldepositionen är ungefär som i medelfjärden.

Tabell 4 Sedimentdata från 43 fjärdar i Östersjön. Data från Jonsson et al. (2003).

Område/Fjärd	Andel A-bottnar (%)	Sediment- fokuserings- faktor	Sedimenttillväxt i ytsed. (0-5 cm) (mm/år)	ts- deposition (g m-2 år-1 A-botten)	ts- deposition (g m-2 år-1 fjärdyta)	koldeposition (g m-2 år-1 fjärdyta)	Antal kärnor (n)
ÖSTERSJÖN							
Bottenhavet							
Ångermanfjorden	71	1,4	7 (5-34)	2500	1800	60	16
Roslagen							
N. Singöfjärden	48	2,1	27 (18-38)	4100	1950	120	4
S. Singöfjärden	15	6,7	30 (5-50)	2950	440	20	5
Norrtäljeviken	38	2,6	28 (5-50)	4190	1610	75	5
Stockholm							
Ö Saxarfjärden	58	1,7	10-30	3740	2160	120	5
Trälhavet	24	4,2	11 (5-17)	2890	690	40	2
V Saxarfjärden	41	2,4	17 (15-19)	3360	1400	90	2
Vaxholmsfjärden	33	3,1	10	650	210	15	2
Solöfjärden	79	1,3					
Höggarnsfjärden	36	2,8					
Torsbyfjärden	50	2	11 (7-24)		1000	50	8
Lilla Värtan	49	2,1					
Halvkakssundet	44	2,3					
Saltsjön	50	2	37	800	400	35	1
Älgöfjärd	48	2,1	17 (5-30)	1550	740	40	3
Farstaviken	39	2,5					
Baggensfjärden	45	2,2	19 (10-31)				3
Erstaviken	45	2,2	10-30	2900	1320	120	10
Skatfjärden	41	2,4					
Gälnan	51	1,9	12 (7-16)	1830	940	50	3
Edöfjärden	40	2,5	20 (11-35)	2080	830	60	4
Träsköfjärden	39	2,6					
Nassafjärden	42	2,4	14 (7-23)	2900	1200	68	5
Skagsfjärden	32	3,2					
Möja Söderfjärd	47	2,1					
Kanholmsfjärden	47	2,1	5-15				5
Bulleröfjärden	38	2,6	18 (13-29)	2500	960	60	3
Södermanland							
Näslandsfjärden	49	2	10-30	3180	1570	80	4
Himmerfjärden	21	4,8	10-70	4000	830	40	4
Tvären	59	1,7					
Stussviken	66	1,5					
S:t Anna/Gryt							
Slätbaken	57	1,7					
Lönshuvudfjärden	29	3,5	8 (1-25)	1240	360	80	4
Aspöfjärden	32	3,2	4 (1-10)	850	270	60	4
Trännöfjärden	48	2,1	8 (4-30)	1770	840	100	5
Kärrfjärden	15	6,7	(3-10)	501	70	40	3
Hålfjärden	27	3,7	(1-5)	760	200	60	1
Gropviken	51	2	16 (2-37)	1650	840	110	5
Lindersfjärden	59	1,7					
Kullskärdsjupet	32	3,2	17 (8-40)	2260	720	50	8
Orren	38	2,7					
Dalvåmmen	42	2,4					
Bondekrok	34	3					
Medelvärde	43	2,6	17	2300	930	66	
Standardavv. (%)	31	44	51	50	61	46	

Historik

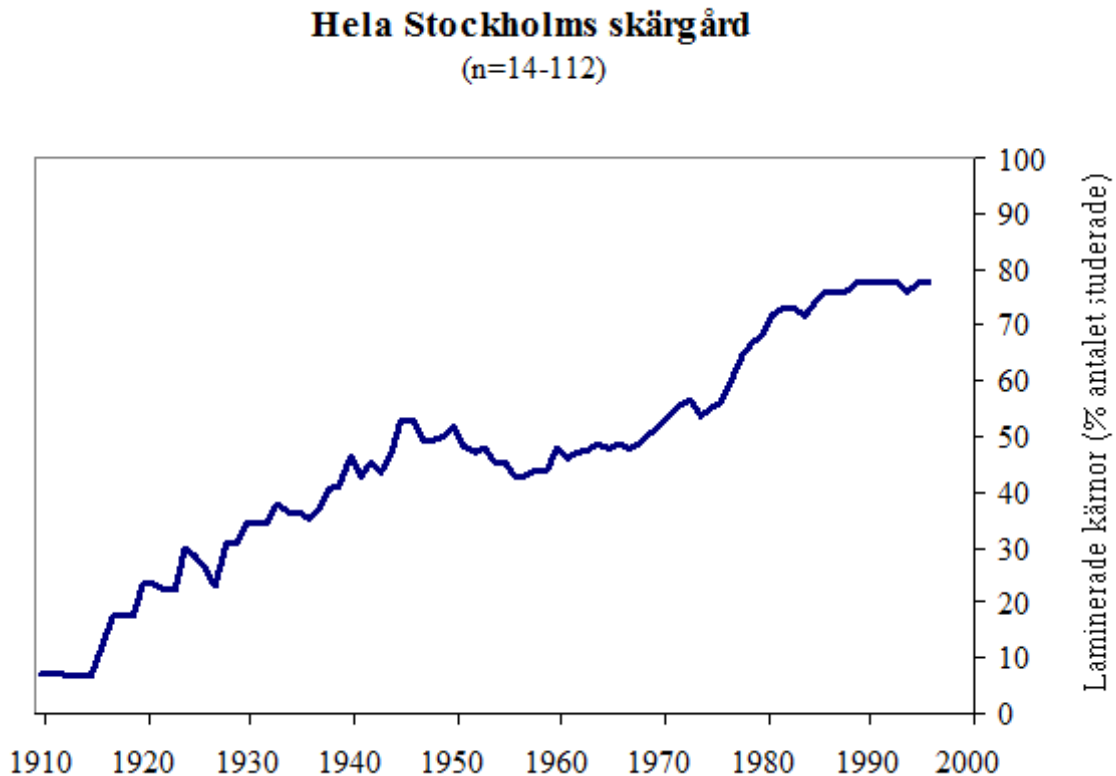
För att kunna beskriva Björnöfjärdens historiska utveckling speglad av sedimenten har vi utgått ifrån att de tydliga horisonterna 27-39 cm djup i sedimentkärnan Björn 7 representerar tiden i slutet på 1960-talet när inloppet fördjupades. Sålunda har alla bilder av de delade sedimentkärnorna (Bilaga 2) analyserats i Photoshop och tidsskalor har etablerats utifrån varvräkning där de tidigare noterade finstrukturerna förutsatts vara uppbyggda av inomårsvariationer. Det skall noteras att de erhållna tidsskalorna bygger på iakttagna strukturer i de enskilda kärnorna var för sig. Möjligheter finns att konstruera en bättre integrerad tidsskala där hänsyn tas till igenkännbara strukturer som återkommer i flera kärnor och som härigenom tillåter konnektering av dessa nivåer mellan de enskilda kärnorna. Emellertid har den genomförda dateringen gett tillfredsställande tidsskalor som i ett sammansatt diagram visar på den historiska utvecklingen av hypoxiska bottnar i Björnöfjärden (Fig. 27). Diagrammet bygger på hur många kärnor som för varje år tillbaka i tiden var laminerade i förhållande till totalantalet kärnor tagna på större djup än 8 m. Notera att diagrammet i sina olika delar bygger på olika antal kärnor. I de mer recenta delarna från 1983 och fram till 2012 bygger diagrammet på 13 kärnor, medan det i de äldre delarna från 1920-talets början endast baseras på 8 kärnor. Detta beror helt enkelt på att de olika kärnorna är olika långa, har olika mäktiga varv och därigenom representerar olika tidsavsnitt.



Figur 27 Historisk utveckling av laminerade bottnar i Björnöfjärden. Kärnor tagna från vattendjup $\geq 8,0$ m.

Utvecklingen av laminerade (hypoxiska) bottnar i Björnöfjärden karaktäriseras av en mer eller mindre successivt ökande andel av laminerade bottnar från 1920-talets början (25 %)

fram till mitten av 1960-talet (ca 60 %). I slutet av 1960-talet sker en mycket dramatisk förändring under några få år och i början av 1970-talet är 100 % av bottenarna djupare än 8 m laminerade. Detta sammanfaller helt i tid med fördjupningen av inloppet till Björnöfjärden 1968-69. Utvecklingen i Björnöfjärden avviker från den storskaliga utvecklingen i hela Stockholms skärgård (Fig. 28) vad gäller den extremt snabba utbredningen av hypoxiska bottenar från slutet av 1960-talet. I skärgården kunde man konstatera att utbredningen av de laminerade bottenarna snarare var långsammare under denna period än under både tiden dessförinnan och därefter.



Figur 28 Utveckling av laminerade bottenar i Stockholms skärgård (Jonsson et al., 2003)

Beror då de snabbt expanderande hypoxiska bottenarna i Björnöfjärden på rena tillfälligheter eller finns det ett samband mellan fördjupningen och den snabbt uppkomna syrebristen i Björnöfjärdens djupare bottenar? Det är allmänt känt från mängder av studier av havsvikar som avsnörs från havet att de genomgår en rad karaktäristiska förändringar både vad gäller kemiska/fysiska och biologiska förhållanden. Björnöfjärdssystemet är ett exempel på en havsvik/fjärd som pga. landhöjningen (ca 4 mm/år) i det närmaste var att betrakta som en sjö innan fördjupningen genomfördes 1968-69. Redan under början av 1900-talet noteras en ökning av de hypoxiska bottenarna, sannolikt som en följd av näringsämnesbelastning från den alltmer tilltagande bebyggelsen i fjärdens lokala avrinningsområde.

Vid tiden för muddringen var vattendjupet endast ca 0,5 m i inloppet och tack vare den grunda tröskeln var fjärdens vatten säkert rejält utsötat. När sedan fördjupningen av inloppet skedde förflyttades fjärdens rent vattenutbytesmässigt ca 350 år tillbaka i tiden till mitten på 1600-talet då vattendjupet vid tröskeln var ca 1,9 m. Detta innebär att normala

vattenståndsförändringar i utanförliggande kustområden kunde öka vattenutbytet i fjärden påtagligt. Men detta var inte enbart av godo. Betydande mängder brackvatten kunde åter strömma in i fjärden med ökad skiktning av det tidigare mer utsötade vattnet som trolig följd. Salt vatten som strömmar in i en utsötad fjärd söker sig pga. sin högre densitet till djupområdena och kan där leda till ett försämrat utbyte mellan djupvatten och ytvatten. Likartade effekter har noterats i fjärden Vemlingen på norra Vindö som fördjupades i två omgångar i samband med att den s k Oscarskanalen grävdes/sprängdes, först i början av 1900-talet och sedan på 1970-talet (Jonsson, 2006).

En tänkbar konsekvens av fördjupningen av inloppet till Björnöfjärden är att det ledde till en mer uttalad skiktning i fjärden, vilket i sin tur kan ha medfört en utarmning av syrgasförrådet i det mer isolerade djupvattnet. Detta kan vara en tänkbar orsak till den snabba expansionen av de hypoxiska bottenarna.

Fördjupningen av inloppet skedde i samband med utbyggnaden av det stora fritidshusområdet Ängsvik (328 fastigheter 2012) och andra fritidshusområden inom avrinningsområdet. Etableringen av fastigheterna medförde en påtagligt ökad belastning på Björnöfjärdsområdet under några år, vilket sammanföll i tid med muddringsarbetena. Utifrån vårt underlag är det inte idag möjligt att avgöra vilken faktor som varit mest avgörande för de försämrade förhållandena i fjärdområdet. Det troliga är att båda faktorerna samverkat till den negativa utvecklingen.

SAMMANFATTANDE SLUTSATSER

- Gränsen mellan A-bottnar och E/T-bottnar går vid 3 ± 1 m
- Gränsen mellan bioturberade och laminerade bottnar går vid ca 8 m, något grundare i Torpe-Infjärden
- A-bottenarean utgör ca 80 % av egentliga Björnöfjärdens, drygt 70 % av Säbyvikens och knappt 70 % av Torpe-Infjärdens bottnar
- Laminerade (hypoxiska) bottnar täcker ca 60 % av egentliga Björnöfjärdens, ca 40 % av Säbyvikens och ca 15 % av Torpe-Infjärdens bottnar
- En tydlig muddertippningsplats har konstaterats SV om Toholmen
- Mycket tydliga kanter av muddringsrännor kan iakttas i inloppskanalen till fjärden
- Ett mindre, men tydligt, vrak hittades i Björnöfjärdens sydvästra del
- Profilerna på torrsustanshalt och glödningsförlust visar att 15 av de totalt 16 sedimentkärnorna tagits på goda ackumulationsbottnar
- Ingen av de tre sedimentkärnorna har nöjaktigt kunnat dateras med hjälp av radiocesium från Tjernobylyckan
- Sedimentkärnorna har kunnat dateras med varvräkningsteknik efter att en karaktäristisk sedimenthorisont kunnat knytas fördjupningen av inloppskanalen 1968-69
- I samband med fördjupningen av inloppet och etableringen av fritidsområdet Ängsvik försämrades syresituationen snabbt i fjärdens djupvatten (≥ 8 m) och de laminerade (hypoxiska) bottenarna expanderade från 60 % till 100 % på bara några få år
- Orsaken till det snabba utslagningsförloppet av fjärdsystemets djupare bottnar är sannolikt kopplad till en kombination av ökad näringsämnesbelastning och en påtagligt ökad inströmning av brackvatten och därmed mer uttalad skiktning av fjärdens vatten
- Den genomförda bottenkarteringen av Björnöfjärden indikerar klart att motsvarande undersökningar bör genomföras åtminstone i referensfjärdarna i Fjällsvikssystemet för att utröna vilken betydelse fördjupningen av inloppet haft för syreförhållanden även i denna fjärd.

REFERENSER

- DeepVision, 2009. DeepEye Sonar System - User's Guide, 8 sid.
<http://www.deepvision.se/>
- Håkanson, L. and Jansson, M., 1983. Principles of Lake Sedimentology. Springer-Verlag, Berlin, 316 p.
- Jonsson, P., 2002. Bottenundersökningar i Gårdsfjärden 2002. JP Sedimentkonsult Rapport. Stencil 23 sid.
- Jonsson, P., 2006. Vattenutbyte och syreförhållanden i Vämlingen, Värmdö kommun. Rapport till intresseföreningen Oscarskanalens Vänner. 11 sid.
- Jonsson, P., Carman, R. and Wulff, F., 1990. Laminated sediments in the Baltic - A tool for evaluating nutrient mass balances. *Ambio* 19:152-158.
- Jonsson, P. (Red.), Persson, J. och Holmberg, P., 2003. Skärgårdens bottenar. Naturvårdsverket Rapport 5212, Stockholm, ISBN 91-620-5212-8, ISSN 0282-7298, 112 sid. English summary.
- Lind, Reidar, Solängsvägen 4, 13465 Ingarö, 08-57144283, 2012. Pers. medd.
- Lindgren, D., Karlsson, O.M., 2011. Assessment of the relationship between coastal morphometry, bottom dynamic conditions and the critical depth. *Air, Soil and Water Research*, 4: 31-56.
- Meili, M., Jonsson, P. & Lindström, M., 1998. Accumulation of Chernobyl Cs-137 in coastal archipelagos of the Baltic Sea. - Presentation and Abstract at the International Seminar of Marina-Balt/Commission of the European Community on the Radiological Exposure of the Population of the European Community to Radioactivity in the Baltic Sea, Stockholm, June 9-11, 1998.
- Meili, M., Jonsson, P., Lindström, M. and Holmberg, P. (2000): Accumulation of Chernobyl Cs-137 in coastal archipelagos of the Baltic Sea. In: Nielsen, S.P., The radiological exposure of the population of the European Community to radioactivity in the Baltic Sea. Marina-Balt project. Proceedings of a seminar held at Hasseludden Conference Centre, Stockholm, 9 to 11 June 1998. EUR 19200 EN, ISBN 92-828-7864-3, p 415-420.
- Persson, J. and Jonsson, P. 2000. Historical development of laminated sediments - an approach to detect soft sediment ecosystem changes in the Baltic Sea. *Mar.Pollut. Bull.* 40, 122-134.
- Wincrantz, Carl, Brännkyrkagatan 14A, 11820 Stockholm, 08-6442549, 2012. Pers. medd.
- Winterhalter, B., 1998. The Gemax corer for soft sediments, 9 sid. Geological Survey of Finland, Espoo. <http://www.kolumbus.fi/boris.winterhalter/GEMAX.pdf>

BILAGA 1 Protokoll från sedimentprovtagning i Björnöfjärdsystemet 2012-05-02

Positionsangivelser i WGS-84

Stn Torp 1

Lat 59 13.575
Long 18 32.813
Vattendjup 8,2
Kärnans längd: 59 cm
Sedimentkärna tagen med Gemini-hämtare

Fält-karaktäristik

Reducerad, ävja, grovdetritus (Vaucheria)

Prov uttaget från 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 15-17, 20-22, 30-32, 40-42, 50-52 cm

Stn Torp 2

Lat 59 13.524
Long 18 32.754
Vattendjup 6,2 m
Kärnans längd: 51 cm
Sedimentkärna tagen med Gemini-hämtare

Fält-karaktäristik

Vaucheria

Prov uttaget från 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 15-17, 20-22, 30-32, 40-42, 50-52 cm

Stn Torp 3

Lat 59 13.533
Long 18 32.749
Vattendjup 7,1 m
Kärnans längd: 52 cm
Sedimentkärna tagen med Gemini-hämtare

Fält-karaktäristik

Vaucheria

Prov uttaget från 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 15-17, 20-22, 30-32, 40-42, 50-52 cm

Stn Björn 1

Lat 59 14.120
Long 18 31.700
Vattendjup 24 m
Kärnans längd: 68 cm
Sedimentkärna tagen med Gemini-hämtare

Fält-karaktäristik

Reducerad, vass och Vaucheria

Prov uttaget från 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 15-17, 20-22, 30-32, 40-42, 50-52 cm

Stn Björn 2

Lat 59 14.184

Long 18 31.607

Vattendjup 20,1 m

Kärnans längd: 61 cm

Sedimentkärna tagen med Gemini-hämtare

Fält-karaktäristik

Reducerad

Prov uttaget från 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 15-17, 20-22, 30-32, 40-42, 50-52 cm

Stn Björn 3

Lat 59 14.335

Long 18 31.772

Vattendjup 14,5 m

Kärnans längd: 55 cm

Sedimentkärna tagen med Gemini-hämtare

Fält-karaktäristik

Reducerad Beggiatoa

Prov uttaget från 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 15-17, 20-22, 30-32, 40-42, 50-52 cm

Stn Björn 4

Lat 59 14.415

Long 18 31.405

Vattendjup 10,2 m

Kärnans längd: 58 cm

Sedimentkärna tagen med Gemini-hämtare

Fält-karaktäristik

Reducerad Beggiatoa

Prov uttaget från 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 15-17, 20-22, 30-32, 40-42, 50-52 cm

Stn Björn 5

Lat 59 14.444

Long 18 31.375

Vattendjup 7,2 m

Kärnans längd: 16 cm

Sedimentkärna tagen med Gemini-hämtare

Fält-karaktäristik

Oxiderad, kort (20 cm)

Prov uttaget från 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 15-17, 20-22, 30-32, 40-42, 50-52 cm

Stn Björn 6

Lat 59 14.420

Long 18 31.422

Vattendjup 9,2 m

Kärnans längd: 54 cm

Sedimentkärna tagen med Gemini-hämtare

Fält-karaktäristik

Oxiderad

Prov uttaget från 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 15-17, 20-22, 30-32, 40-42, 50-52 cm

Stn Björn 7

Lat 59 13.912

Long 18 31.875

Vattendjup 15,2 m

Kärnans längd: 53 cm

Sedimentkärna tagen med Gemini-hämtare

Fält-karaktäristik

Reducerad

Prov uttaget från 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 15-17, 20-22, 30-32, 40-42, 50-52 cm

Stn Björn 8

Lat 59 13.885

Long 18 32.136

Vattendjup 9,7 m

Kärnans längd: 45 cm

Sedimentkärna tagen med Gemini-hämtare

Fält-karaktäristik

Oxiderad

Prov uttaget från 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 15-17, 20-22, 30-32, 40-42, 50-52 cm

Stn Björn 9

Lat 59 13.893

Long 18 32.120

Vattendjup 10,9 m

Kärnans längd: 57 cm

Sedimentkärna tagen med Gemini-hämtare

Fält-karaktäristik

På gränsen redox?

Prov uttaget från 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 15-17, 20-22, 30-32, 40-42, 50-52 cm

Stn Säby 1

Lat 59 14.973
 Long 18 31.366
 Vattendjup 11,6 m
 Kärnans längd: 62 cm
 Sedimentkärna tagen med Gemini-hämtare

Fält-karaktäristik

Prov uttaget från 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 15-17, 20-22, 30-32, 40-42, 50-52 cm

Stn Säby 2

Lat 59 15.128
 Long 18 31.199
 Vattendjup 8 m
 Kärnans längd: 49 cm
 Sedimentkärna tagen med Gemini-hämtare

Fält-karaktäristik

Oxiderad

Prov uttaget från 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 15-17, 20-22, 30-32, 40-42, 50-52 cm

Stn Säby 3

Lat 59 15.458
 Long 18 30.810
 Vattendjup 10 m
 Kärnans längd: 61 cm
 Sedimentkärna tagen med Gemini-hämtare

Fält-karaktäristik

Reducerad

Prov uttaget från 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 15-17, 20-22, 30-32, 40-42, 50-52 cm

Stn Säby 4

Lat 59 15.470
 Long 18 30.742
 Vattendjup 9 m
 Kärnans längd: 65 cm
 Sedimentkärna tagen med Gemini-hämtare

Fält-karaktäristik

Reducerad

Prov uttaget från 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 15-17, 20-22, 30-32, 40-42, 50-52 cm

BILAGA 2**Bilder på sedimentkärnor**