

Sedimentkonsult HB

Björnöfjärdens syrgashistorik



Mottagare:
Emil Rydin
BalticSea2020

Sollenkroka den 1 maj 2017

JP Sedimentkonsult Rapport 2017:3

Adress

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

Telefon

08-57163744
070-5208057

Organisationsnr

969720-0815

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3	
1	INLEDNING	5
2	PROJEKTBEKRIVNING	5
3	MATERIAL OCH METODER	5
3.1	Utrustning	5
3.1.1	Provtagningsbåten R/V Perca	5
3.1.2	Positionering	6
3.1.3	Djupmätning	6
3.1.4	Sedimentprovtagare	6
3.1.7	Bottenvideokamera	7
3.2	Sedimentprovtagning	8
3.3	Laboratoriearbete	9
3.3.1	Dokumentation av sedimentkärnor	9
3.3.2	Datering	9
4	RESULTAT	10
4.1	Ytformer	10
4.2	Lagerföljder	13
4.2.1	Lednivåer	13
4.3	Fjärdsystemets utveckling sedan 1870-talet utifrån kartmaterial	17
4.4	Björnöfjärdens syrgashistorik utifrån lamineringsutveckling	19
4.4.1	Framtagning av tidsutvecklingsdiagram	19
4.4.2	Björnöfjärdens recenta syrgashistoria	20
REFERENSER	25	

SAMMANFATTNING

Syftet med föreliggande undersökning har varit att mer detaljerat än vid tidigare undersökningar beskriva historiken vad avser Björnöfjärdens syrgashistorik utifrån strukturförändringar i sedimenten. I denna undersökning behandlas endast Björnöfjärden.

Sedimentprovtagning genomfördes på 12 stationer den 1 juni 2016 och på ytterligare 12 stationer med R/V Perca den 1 september 2016. Även underlag i form resultaten av 9 sedimentkärnor från provtagningen 2012 har utnyttjats.

Innan sedimentprovtagningen genomfördes studerades sedimentytans utseende med hjälp av bottenvideokamera. Misstankar fanns att ytsedimenten störts i samband med ”nedplöjning” av en aluminiumlösningen 2012 och 2013. Tydliga störningar konstaterades på sedimentytorna i hela det studerade djupsnittet, som sträcker sig från 12 till 21 meters djup. Med stor sannolikhet är de registrerade störningarna i Björnöfjärden orsakade av aluminiumbehandlingen då bottenarnas ytsediment revs upp av utrustningen som släpades över botten.

För att försöka fastställa en tidsskala för Björnöfjärdens sediment har vissa lednivåer identifierats. En tydlig lednivå har uppkommit vid den omfattande muddringen 1968-1969 av fjärdsystemets utlopp till Östersjön. En annan lednivå har dokumenterats i den nordöstra delen av fjärden i form av tydliga ljusa lednivåer på 12-18 cm sedimentdjup. Varvräkning har uppskattat att skiktet har avsatts omkring år 1990.

I djuphålan kan en tydlig djupare liggande lednivå konstateras på mellan 35 och 55 cm i de olika kärnorna. Under denna nivå karaktäriseras sedimenten av ett mörkare diffust laminerat sediment. Varvräkning från den längre upp i kärnan tydliga lednivån, representerande muddringen av fjärdens utlopp omkring år 1970, indikerar att en betydande förändring av sedimenten inträffade omkring 1910.

Utifrån alla studerade kärnor var frekvensen laminerade omkring 15 % i slutet på 1800-talet. En betydande ökning av lamineringsfrekvensen från 23 till ca 70 % sker under perioden 1905-1925. Början av ökningen sammanfaller tidsmässigt med uppkomsten av ljusare laminerade sediment omkring 1910. Frekvensen laminerade kärnor ligger sedan mer eller mindre konstant på drygt 70 % från 1925 till omkring 1970 då det stora muddringsingreppet skedde i fjärdens utlopp till Östersjön. Vid denna tid blev mer eller mindre momentant ytterligare ca 20 % av kärnorna laminerade. Frekvensen laminerade kärnor ligger sedan stadigt på drygt 90 % fram till början av 1990-talet, då den ganska snabbt sjunker till 24 % 2016. Orsaken till denna snabba nedgång beror med all sannolikhet på den aluminiumfällning som genomfördes 2012-2013. Härvid rörde ytsedimenten om till varierande djup av doseringsutrustningen som ”plöjde” ned aluminiumlösning i ytsedimenten varvid de laminerade ytsedimenten blandades om mekaniskt ned till max 10 cm sedimentdjup.

På större djup än 14 m uppvisar ungefär 40 % av de studerade kärnorna laminerade sediment under slutet av 1870-talet. En snabb ökning av frekvensen laminerade kärnor sker mellan 1905-1915 till närmare 90 %. Under perioden 1915-1995 ligger andelen laminerade kärnor på 80 till 100 %. Från 1995 till 2016 sjunker andelen till knappt 15 %. I de djupare delarna är det tydligt att aluminium-inblandningen varit som mest effektiv, eftersom 85 % av kärnornas ytsediment blandats om.

På djup mellan 9 och 14 m ligger frekvensen laminerade kärnor under 1800-talets slut på 8-12 % och ökar sedan under perioden 1905-1925 till 60-70 %. Fram till 1970-talets början varierar frekvensen mellan 55 och 70 %, för att sedan snabbt stiga till 85 %. Från slutet av 1990-talet sjunker sedan andelen laminerade kärnor till knappt 30 % fram till 2016. Detta indikerar att omblandningen av de grundare bottarna i samband med aluminium-behandlingen 2012-2013 varit något mindre effektiv än i de djupare bottarna.

För att undersöka om några betydande skillnader föreligger mellan bottnar grundare än 14 m har materialet separerats i bottnar med djup mellan 9 och 11,9 m från bottnar mellan 12 och 14 m. I diagrammet för 9-11,9 m ökar andelen laminerade kärnor från 1895 snabbt och 1920 är frekvensen laminerade kärnor 78 %. I diagrammet för 12-14 m ökar lamineringsfrekvensen långsammare och ryckvis och är 55 % 1920. Om ett tydligt djupberoende hade funnits för ökningstakten borde uppgången varit snabbare på större djup, d.v.s. tvärtemot vad resultaten antyder.

Utökningen av antalet studerade sedimentkärnor har inte förändrat slutsatsen från 2012 års studie att den omfattande fördjupningen av utloppet till Östersjön kring 1970 var huvudorsaken till ökad syrebrist i Björnöfjärdens djuphålur under slutet av 1900-talet.

Föreliggande studie har betydligt säkrare belyst lamineringshistoriken i fjärden så långt tillbaka i tiden som till slutet av 1870-talet. Den riktigt stora förändringen skedde från omkring 1905 till 1925 då de laminerade bottarna expanderade från ca 25 % till ca 70 %. Denna expansion kan vara naturligt betingad av landhöjningen i en fjärd under avsnörning från havet. Det är dock inte uteslutet att urbaniseringen av området under 1800- och 1900-talen kan ha ökat tillförseln av näringsämnen till fjärdsystemet med ökande syrebrist i djupområdena som följd. Som tidigare nämnts är det också möjligt att någon form av ingrepp i Björnöfjärdens utlopp till Östersjön kan ha skett under 1900-talets början.

1 INLEDNING

JP Sedimentkonsult HB har av BalticSea2020, Emil Rydin, fått i uppdrag att genomföra en undersökning av Björnöfjärdens recenta historik. JP tackar för förtroendet och har glädjen att härmed redovisa slutrapporten för projektet.

Under 2012 genomförde JP Sedimentkonsult en undersökning av Björnöfjärdssystemets bottenar (Jonsson och Karlsson 2012). Innan sedimentundersökningen initierades hade uppmätning av djupförhållandena i Björnöfjärden genomförts med hjälp av DrDepth. Som grund för sedimentprovtagningen karterades systemet med side scan sonar och ekolod. Sedimentprovtagning genomfördes för att verifiera resultaten från sonarkarteringen längs transekter från djupområden till grunda strandnära områden i olika delar av fjärden. Sedimentkärnor insamlades på totalt 16 stationer i fjärdssystemet. Resultaten sammanställdes i en rapport där fördelningen av fjärdssystemets bottenarter presenterades i sjökortsplott. Sedimentförhållandena beskrevs och tidsutvecklingen av laminerade bottenar fastställdes översiktligt.

2 PROJEKTBESKRIVNING

Syftet med det nu föreslagna projektet är att mer detaljerat än vid tidigare undersökningar beskriva historiken vad avser Björnöfjärdens syrgashistorik utifrån strukturförändringar i sedimenten. I denna undersökning behandlas endast Björnöfjärden. Inga studier har genomförts i Säbyviken eller Torpe-Infjärden.

För att uppnå syftet omfattade projektet följande moment:

- Sedimentprovtagning av ytterligare 24 sedimentkärnor från Björnöfjärden med Geminihämtare.
- Samtliga kärnor snittades i laboratorium och beskrevs i detalj och fotograferades. Varje kärnas historik beskrevs utifrån dokumenterade strukturer i kärnorna. Tidsskalor konstruerades utifrån karaktäristiska lednivåer i kombination med varvräkning av lamineringar i kärnorna där ett varv förutsattes motsvara ett år.
- Fjärdssystemets historiska syrgasutveckling under 1900- och 2000-talen på olika djup beskrevs i text och diagram över frekvensen laminerade kärnor.
- Utformning av en slutrapport inkluderande fältnoteringar/protokoll från fältarbete samt bildmaterial.

3 MATERIAL OCH METODER

3.1 Utrustning

3.1.1 Provtagningsbåten R/V Perca

Data för provtagningsbåten R/V Perca (Fig. 1)

Längd 7,0 m, bredd 2,4 m, maxfart 23 knop, marschfart 17 knop. Maskin: 4-cylindrig Yanmar diesel, 100HK. Gångvärme samt Webasto dieselvärmare. Provtagningsutrustning: Eldriven provtagningsvinsch som klarar Gemini-hämtare, tillgång till många typer av provtagningsutrustning, kylskåp/frysbox. Elsystem: 12V, 240V portabelt elverk. Navigatorisk utrustning: Radar av märket Furuno, ekolod, Garmin GPS/kartplotter, VHF-radio. Kan ombaseras sjöledes eller på trailer.



Figur 1 Undersökningsbåten R/V Perca.

3.1.2 Positionering

Positionsbestämning av sedimentprovtagningspunkter skedde med hjälp av GPS (Global Positioning System). Den utrustning som användes var av märket Garmin 182C som medger en positionsnoggrannhet <3 meter.

3.1.3 Djupmätning

Djupmätning skedde med ett navigationsekolod av modell Garmin. Lodet användes kontinuerligt under provtagningen för att dels registrera bottendjupet, dels ge en uppfattning om bottendynamiken.

3.1.4 Sedimentprovtagare

Sedimentprovtagning skedde med Geminihämtare (; Fig. 2). Hämtaren som även benämns Gemax, 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 mjukbotten, men kan även användas 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, 50 ml per cm från varje kärna, kan tas ut för analys. Den stora fördelen med Geminihämtaren är att den tar två sedimentkärnor samtidigt. Därmed erhålles en dubbelt så stor mängd material från varje nivå, något som är viktigt när materialkrävande analyser skall utföras för att erhålla tidstrender.

Kärnorna förvarades så svalt som möjligt ombord och transporterades efter provtagningen till kylrum och förvarades i + 4° C i avvaktan på dokumentation.



Figur 2 Vänstra bilden: Gemini-hämtaren surrad för transport. Högra bilden: Geminihämtaren laddad och redo för hugg.

3.1.7 Bottenvideokamera

Vid undersökningen användes en bottenvideokamera av märket Sublight Technology (Fig. 3). Kameran kan vinklas i olika vinklar och på riggen sitter även en LED-lampa med ljusflöde på 100 lm (15 W). Riggen som kameran är monterad på är specialtillverkad i rostfritt stål.

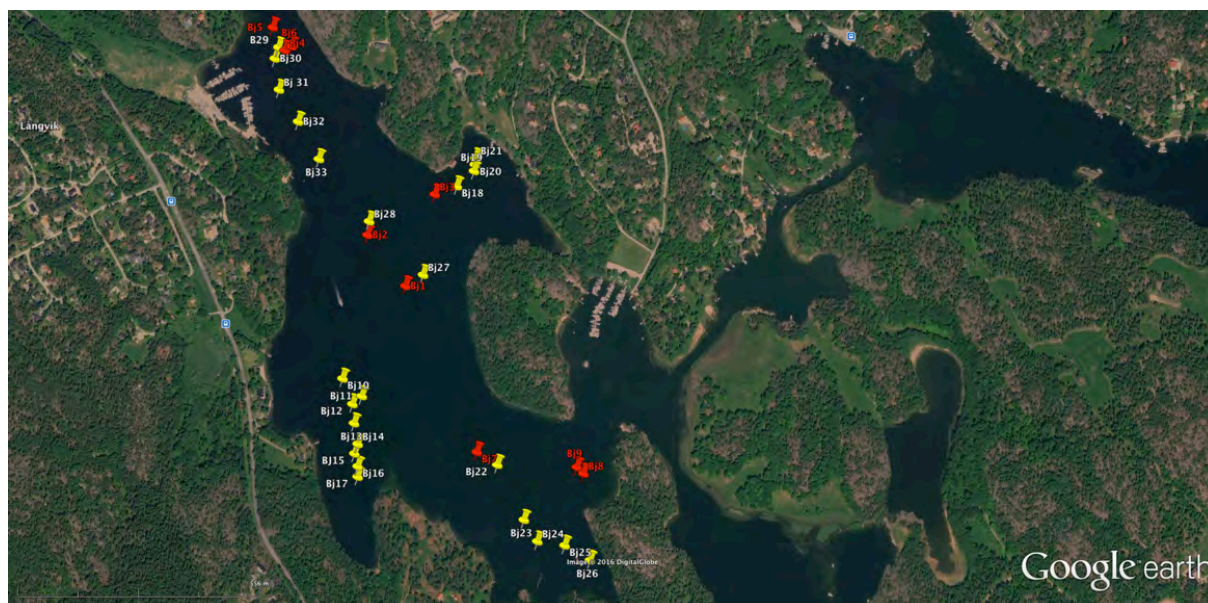


Figur 3 Bottenvideokamera av märket Sublight Technology med 100 m kabel.

Bottenvideofilmning har genomförts den 1 juni 2016 i fjärdens centrala delar på 4 olika djupintervall: 12-13, 15-16, 16-18 och 19-21 m.

3.2 Sedimentprovtagning

Sedimentprovtagning genomfördes på 12 stationer den 1 juni 2016 och på ytterligare 12 stationer med R/V Perca den 1 september 2016. Även underlag i form resultaten av 9 sedimentkärnor från provtagningen 2012 har utnyttjats. Provtagningsstationernas lägen framgår av Figur 4.



Figur 4 Provtagningsstationer för sedimentkärnor i Björnöfjärden 2012 (röda markeringar) och 2016 (gula markeringar).

Sedimentkärnorna förseglades i fält (Fig. 5) och förvarades i kylskåp (4-6 °C) i avvaktan på dokumentation och provuttag.



Figur 5 Preparering av sedimentkärna för transport.

3.3 Laboratoriearbete

3.3.1 Dokumentation av sedimentkärnor

För att undvika att löst sediment rann ut i samband med utskjutningen placerades sedimentkärnorna avsedda för dokumentation i frysbox i ca 2 timmar så att de yttersta 3-4 mm frös till. Efter en snabb spolning med varmt vatten pressades sedimentkärnan ut ur röret med en utskjutare. Ett tunt isskikt både på ytsedimentet och på sidorna hindrade härigenom utflytning av löst sediment. Efter utskjutning av kärnan klövs den på mitten och de båda kärnhälvorna placerades i två rännor. De två halvorna fotograferades med digitalkamera. Bilderna överfördes sedan till dator för vidare bildanalys. I datorn analyserades kärnorna noggrant med avseende på bland annat laminering, varvantal, varvtjocklek, färg och struktur.

I de flesta av de insamlade kärnorna noterades mer eller mindre tydliga varv. Eftersom det visade sig vid undersökningen 2012 (Jonsson och Karlsson 2012) att datering med radiocesium inte gick att genomföra har åldersbestämningen av sedimenten grundats på varvräkning och konnekterats med optiskt tydliga lednivåer.

3.3.2 Datering

Laminerade sediment bildas om syrgasförhållandena varit så dåliga att bottendjuren inte kunnat leva där (Jonsson 1992). Detta kommer sig av att det material som uppifrån vattenmassan regnar ner till bottnen varierar i sammansättning från årstid till årstid (Renberg, 1981). Om inga djur finns på botten blandas inte materialet och då kvarstår skillnaderna. Ett årsvarv bildas.

Man kan i sedimentkärnor ofta registrera en övergångsperiod där homogena, syrgassatta bioturberade sediment omväxlar med sådana som är varviga och därigenom indikerar ansträngda syrgasförhållanden. Några tydliga årsvarv avlöses ofta av en eller annan centimeter jämnt och ljust sediment, vilket slutligen följs av en konstant laminering ända upp till sedimentytan. Detta tolkas så att djuren på denna plats har slagits ut av brist på syrgas, varvid den första varvningen uppstår. Denna gräns brukar ligga vid en syrgashalt lägre än 2-3 mg O₂/l. Sedan blir syrgasförhållandena bättre under några år och provtagningsplatsen koloniserar då av djur som överlevt någonstans i närheten. Så småningom blir emellertid syrgasbristen permanent, och då blir utslagningen av bottendjuren beständig. De laminerade bottenarna täcks ofta tidvis av utbredda mattor av svavelbakterier (*Beggiatoa* sp.). De sediment som tas upp från sådana bottenar stinker oftast av svavelväte (H₂S), en gas som är giftig för allt högre liv.

Även på laminerade bottenar kan det finnas bottendjur. Om det finns tillräckligt med bottendjur för att fullständigt blanda om det sedimenterande materialet uppstår ett homogent sediment utan synliga strukturer. Den andra extremen är att det inte finns några högre bottendjur över huvud taget. Då uppstår mycket tydligt laminerade sediment. Men om det finns en liten mängd bottendjur kan dessa inte fullständigt blanda om vad som ”regnar ned” till bottenarna från ovanförliggande vattenmassa, varvid diffust laminerade sediment uppstår. Är sedimentackumuleringen låg, som den normalt är ute i öppet hav, räcker det med en betydligt mindre mängd bottendjur för att totalt blanda om sedimentet än inne i skärgården, där man oftast finner en mycket högre årlig sedimentackumulering.

Alla kärnorna från Björnöfjärden som tagits på större vattendjup än 9 m var mer eller mindre tydligt laminerade. Dessa kärnor användes för datering grundad på varvräkning. 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).

4 RESULTAT

4.1 Ytformer

Innan sedimentprovtagningen genomfördes studerades sedimentytans utseende med hjälp av bottenvideokamera. Misstankar fanns att ytsedimenten störts i samband med ”nedplöjning” av en aluminiumlösning som blandats in i sediment från en specialbyggd pråm som sakta rört sig fram och åter över botten. Aluminiumlösningen har via en stor mängd slangar monterade på en ram som släpats över botten blandats ned i det översta sedimentskiktet. Lösningen tillfördes i tre omgångar så att den spreds ut jämt över bottenytan. Aluminiumbehandlingen genomfördes i två steg. Under sommaren 2012 behandlades bottnar mellan 6 och 12 meter, och under sommaren 2013 behandlades de djupare områdena.

Vid videofilmningen den 1 juni 2016 videofilmades bottenens utseende på fyra stationer (Fig. 6). Filmningen tillgick så att kameran sakta sänktes ned på sedimentytan och lyftes upp igen efter 20-30 sekunder. Båten gled sakta med vinden och kameran sänktes åter ned och denna procedur upprepades några gånger på de respektive djupen. Filmen kontrollerades vid datorn och stillbilder togs ut som redovisas i figurerna nedan. Tydliga störningar konstaterades på sedimentytorna i hela det studerade djupspannet, som sträcker sig från 12 till 21 meters djup. Bildytan i varje stillbild motsvarar ungefär en kvadratmeter. I den övre kanten kan videokamerans stativ ses i en del av bilderna. I de övriga har stativet sjunkit ned en del i sedimentet.

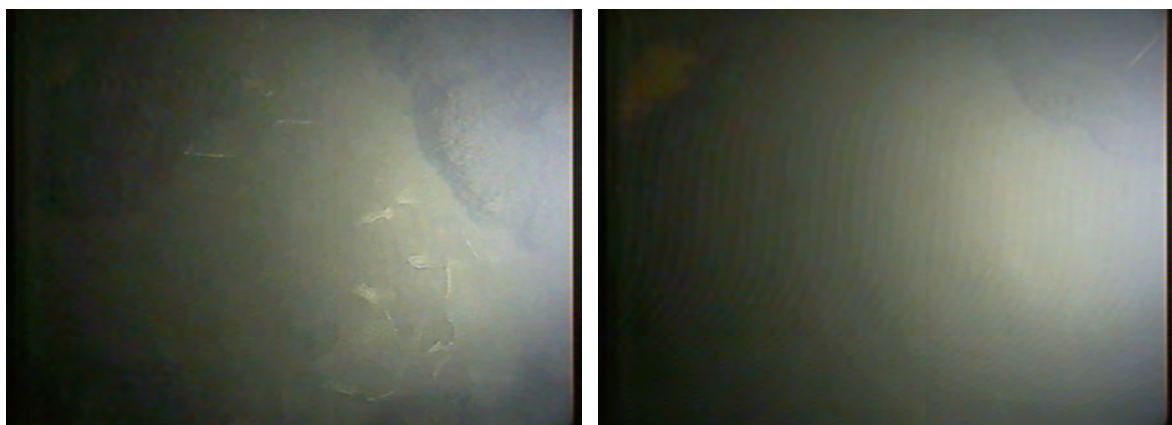


Figur 6 Positioner för videofilmningsstationer i Björnöfjärden.

På 12-14 meters djup i viken nord om Toholmen ses ljusare oregelbundna stråk i en mörkare sedimentyta (Fig. 7). De ljusare stråken tycks vara uppfransade kanter på en störd sedimentyta. Ytstrukturerna är likartade på 15-16 meters djup söder om Toholmen (Fig. 8) som på den grundare stationen V2 norr om Toholmen. Samma strukturer som på de grundare stationerna noterades även på 16-18 meters djup (Fig. 9).



Figur 7 Videobilder från 12-14 meters djup (station V2).

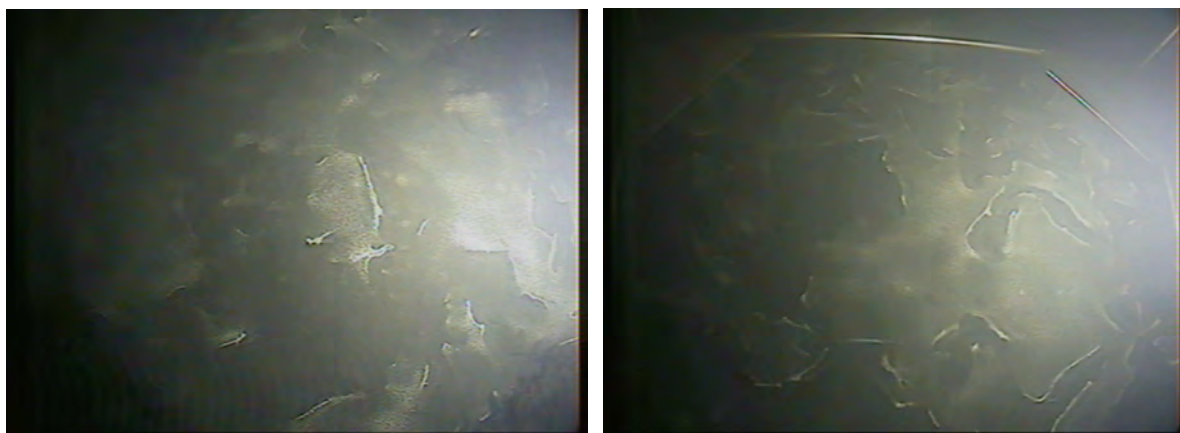


Figur 8 Videobilder från 15-16 meters djup (station V3).



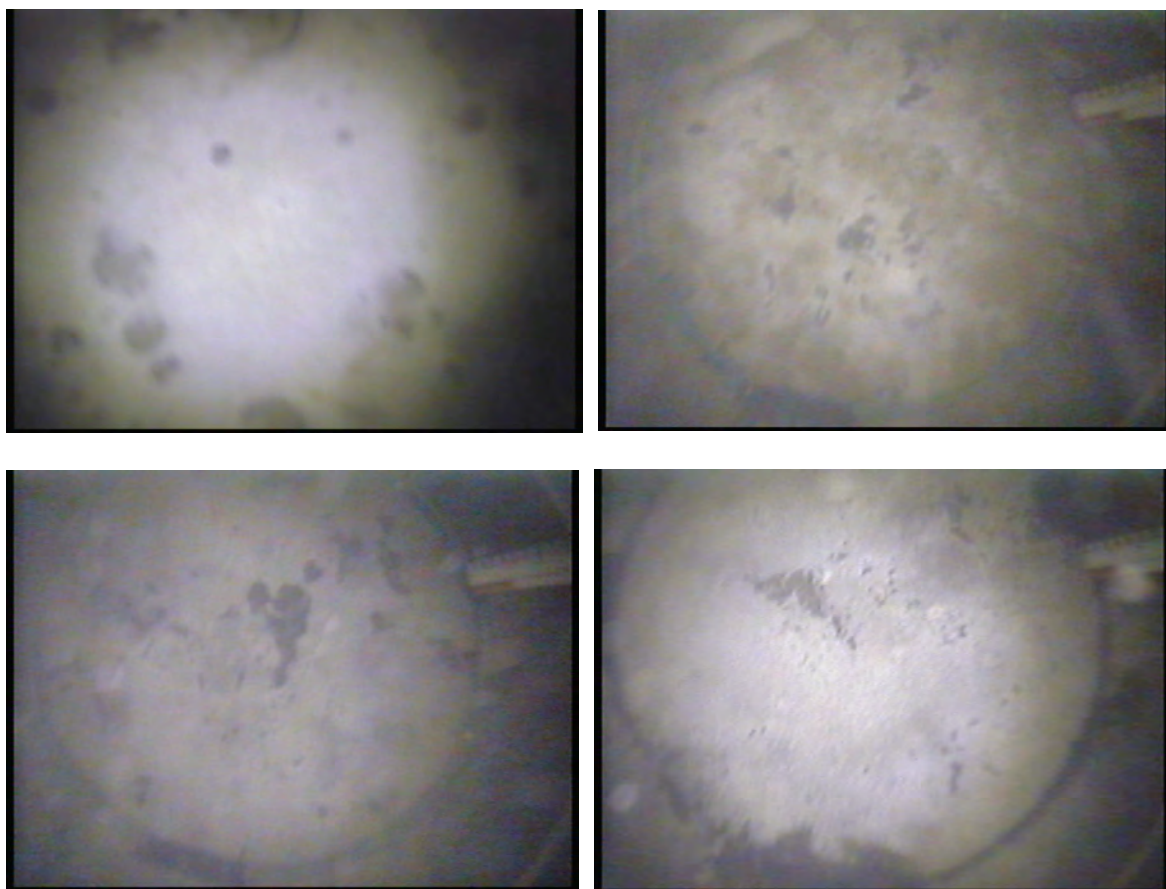
Figur 9 Videobilder från 16-18 meters djup (station V4).

Utseendet på sedimentytan från 19-21 meters (Fig. 10) djup avviker från de grundare stationerna. Större mer eller mindre sammanhängande sjok av ytsediment dominerar och de mindre strukturer som dominerade på de grundare stationerna saknas på detta djup.



Figur 10 Videobilder från 19-21 meters djup (station V1).

På 7 av de 8 videobilderna från Björnöfjärden är sedimentytan störd. Bilderna kan jämföras med motsvarande videobilder från Östra Saxarfjärden tagna 2004 (Fig. 11; Jonsson opublicerat material). Bildytan i dessa bilder är ca 0,25 m² och kameran var monterad på en



Figur 11 Bottenvideobilder från Östra Saxarfjärden på 55-60 meters djup (och Karlsson).

rund stålställning med diametern 40 cm. I bilden nederst till höger syns tydligt denna ring nedtryckt i sedimentet. Beggiatoa-filmen i bilderna är ljus, nästan vit, och har ett karaktäristiskt jämnt mönster med mörka fläckar här och där. Detta utseende är typiskt för en mjuk anoxisk/hypoxisk ackumulationsbotten i Stockholms skärgård. Denna slutsats grundar sig på många videofilmningar av botten i skärgården.

Med stor sannolikhet är de registrerade störningarna i Björnöfjärden orsakade av aluminium-behandlingen då bottenarnas ytsediment revs upp av utrustningen som släpades över botten.

4.2 Lagerföljder

Omblandningen av ytsedimentet ger sig också tillkänna i sedimentkärnorna från Björnöfjärdens botten. Vid undersökningen i maj-juni 2012 var många kärnor tydligt laminerade ända upp till sedimentytan, medan 2016 är vanligen de översta centimetrarna av kärnorna mer eller mindre tydligt omblandade.

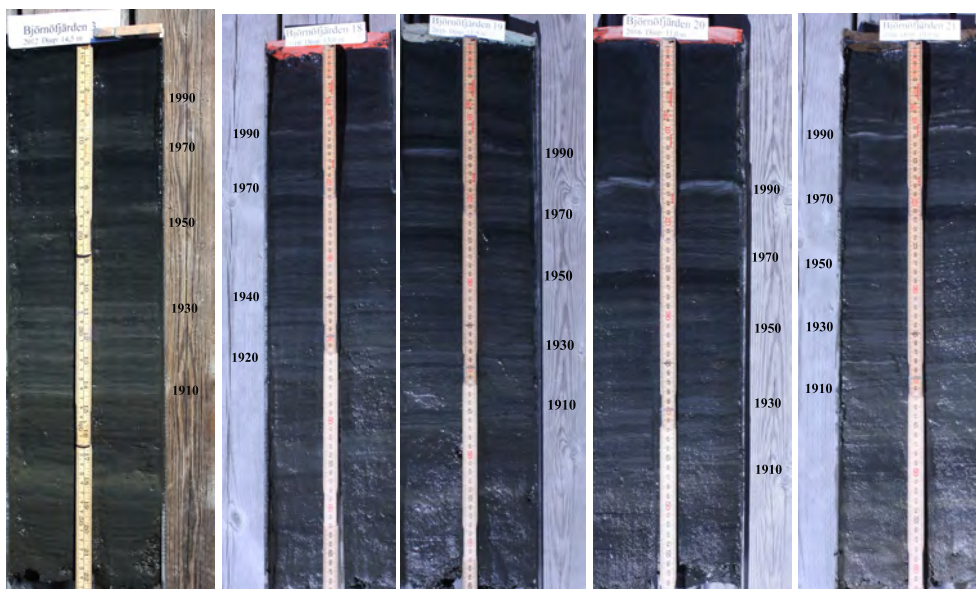
4.2.1 Lednivåer

För att försöka fastställa en tidsskala för Björnöfjärdens sediment har vissa lednivåer identifierats. En tydlig lednivå har uppkommit vid den omfattande muddringen 1968-1969 av fjärdsystemets utlopp till Östersjön. Enligt den tidigare historiska sedimentutvärderingen (Jonsson och Karlsson 2012) ledde fördjupningen till ett större inflöde av salt vatten från Östersjön vilket resulterade i en stark stratifiering av fjärden med syrebrist i djupvattnet som följd. Muddringsingreppet manifesterades som ett ljust parti i kärnan Björnöfjärden 7 (Fig. 12; kärnan längst till vänster) vid provtagningen 2012. Vid provtagningen 2016 togs ett flertal sedimentkärnor från Björnöfjärdens sydöstra delar. Här framträder samma lager mycket tydligt i kärnan från station Bj22 (Fig. 12; näst längst till vänster) som ligger alldeles i närheten av Bj7 (jfr fig. 4). Det var i denna del av fjärden som en stor del av muddermassorna deponerades under slutet av 1960-talet och början av 1970-talet. Dumpningen ledde med stor sannolikhet till betydande grumling som efter hand följdes av en ökad deposition av minerogent material i denna del av fjärden. Denna horisont kan tydligt följas i kärnorna Bj23-26 från Björnöfjärdens sydöstra del, benämnd Mörtvikens i ekonomiska kartan från 1952.



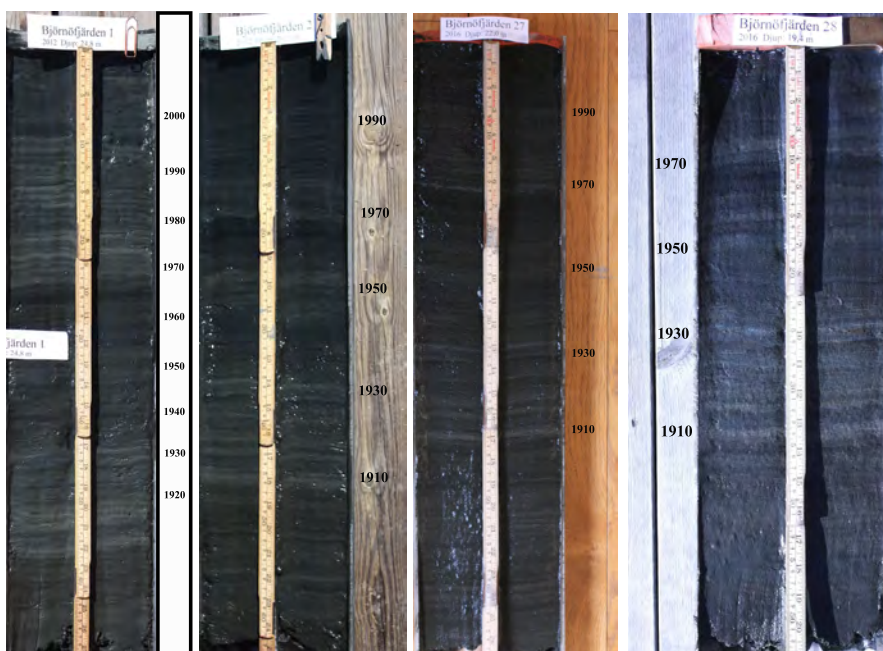
Figur 12 Daterade sedimentkärnor från den sydöstra delen av Björnöfjärden.

Även i den nordöstra delen av fjärden (Fig. 13; Norra Ängskärsviken i den gamla häradsekonomin kartan från 1901-1906) noterades tydliga ljusa lednivåer som troligen består av huvudsakligen minerogent material. De tydliga blåaktiga lagren på 12-18 cm utgör en god lednivå men är dock av betydligt senare datum. Varvräkning har uppskattat att skiktet har avsatts omkring år 1990, sannolikt i samband med någon form av grumlande byggande i vatten i viken, som t.ex. anläggande av brygga/kaj, strandskoning eller liknande.



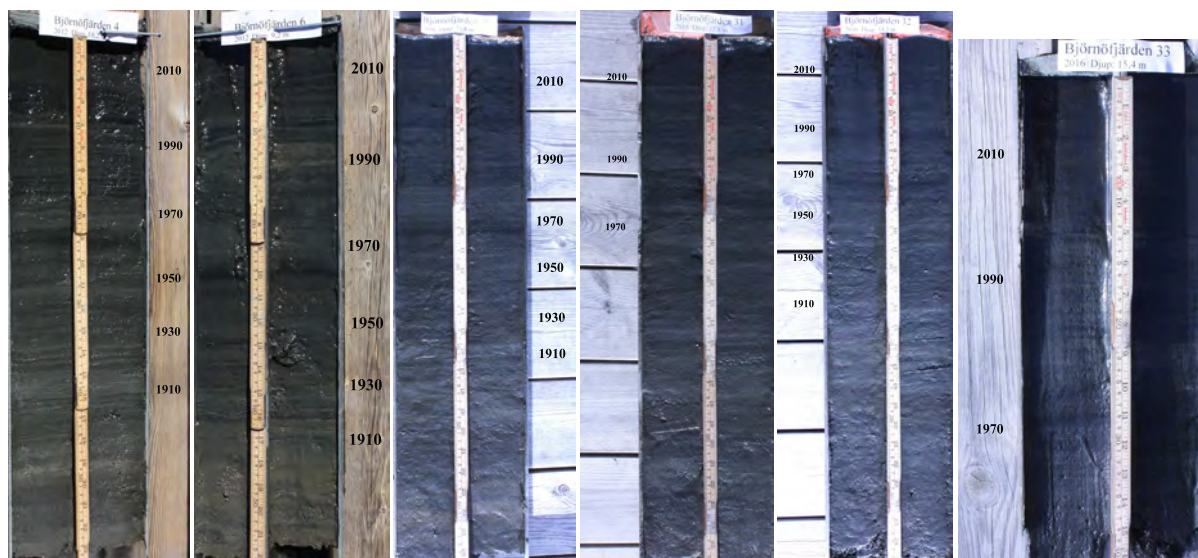
Figur 13 Daterade sedimentkärnor från den nordöstra delen av Björnöfjärden.

I djuphålan (Fig. 14; > 19,4 m) kan en tydlig djupare liggande lednivå konstateras på mellan 35 och 55 cm i de olika kärnorna. Under denna nivå karakteriseras sedimenten av ett mörkare diffust laminerat sediment. Varvräkning från den längre upp i kärnan tydliga lednivån,

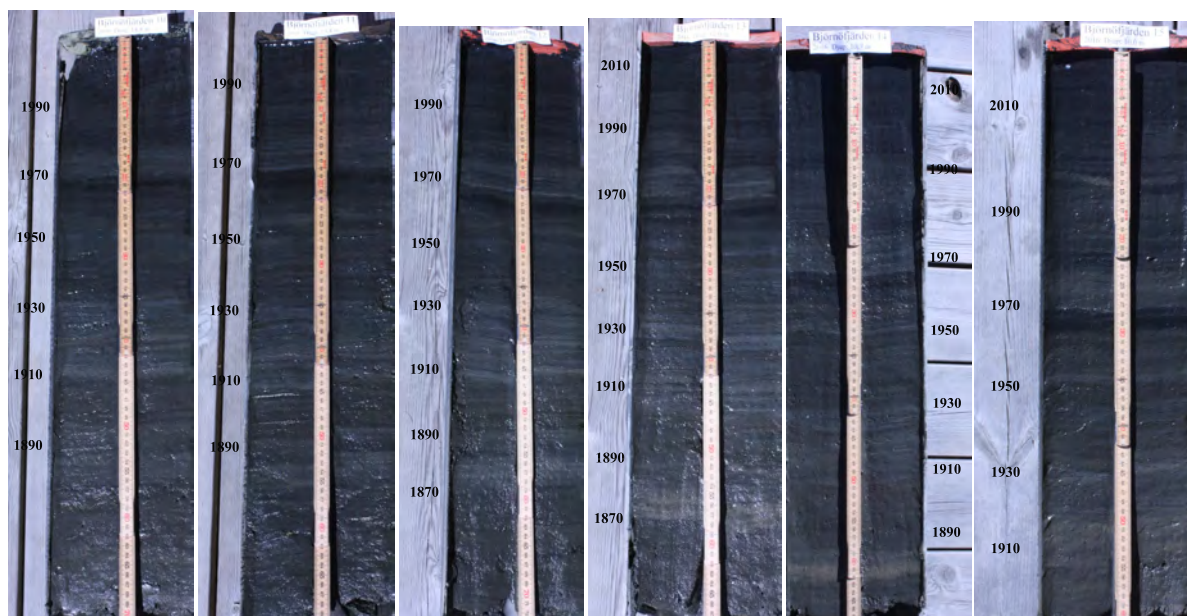


Figur 14 Daterade sedimentkärnor från Björnöfjärdens djuphåla.

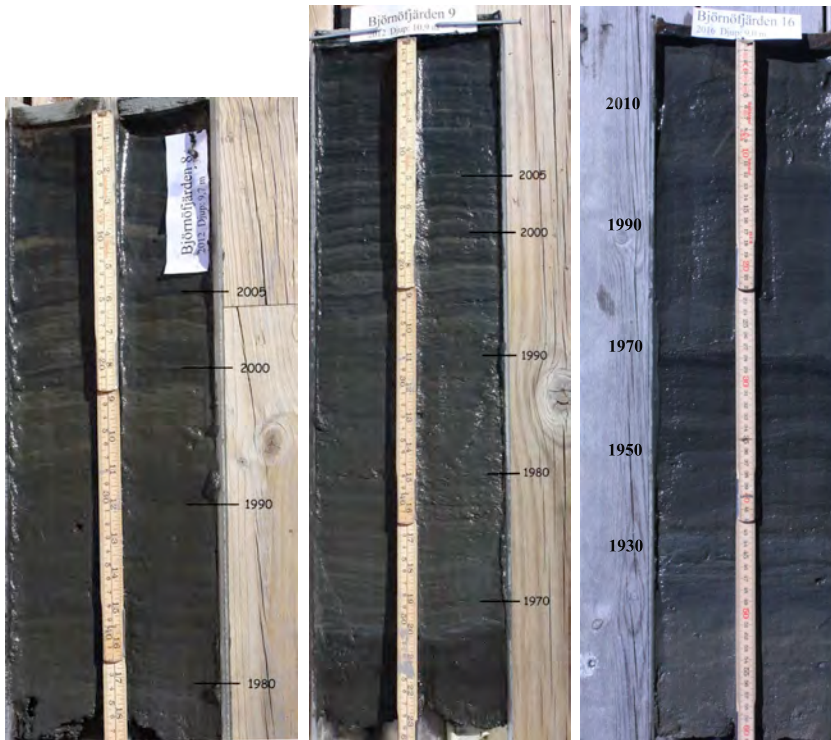
representerande muddringen av fjärdens utlopp omkring år 1970, indikerar att en betydande förändring av sedimenten inträffade omkring 1910. Kärnorna visar här mycket likartade strukturer som omkring 1970 när fjärdens utlopp fördjupades med mer än 1 meter. Dessa lednivåer återfinns mer eller mindre tydligt i de flesta av de undersökta kärnorna (Fig. 15-17).



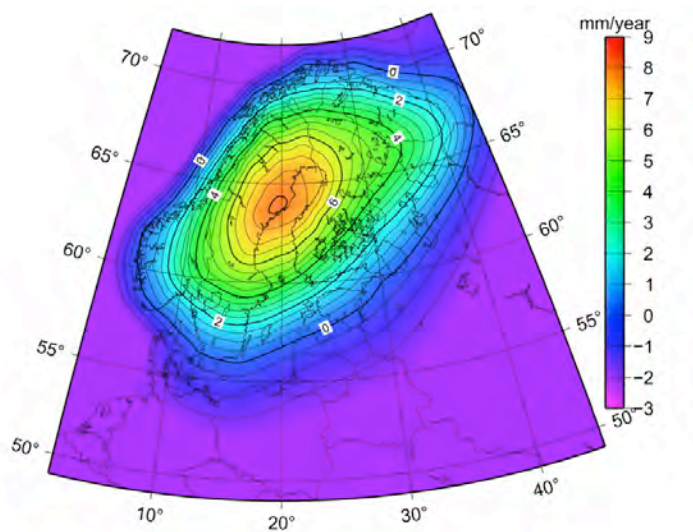
Figur 15 Daterade sedimentkärnor från den norra delen av Björnöfjärden.



Figur 16 Daterade sedimentkärnor från Björnöfjärdens sydvästvik.



Figur 17 Daterade sedimentkärnor från grunda (9-11 m) stationer i södra Björnöfjärden.



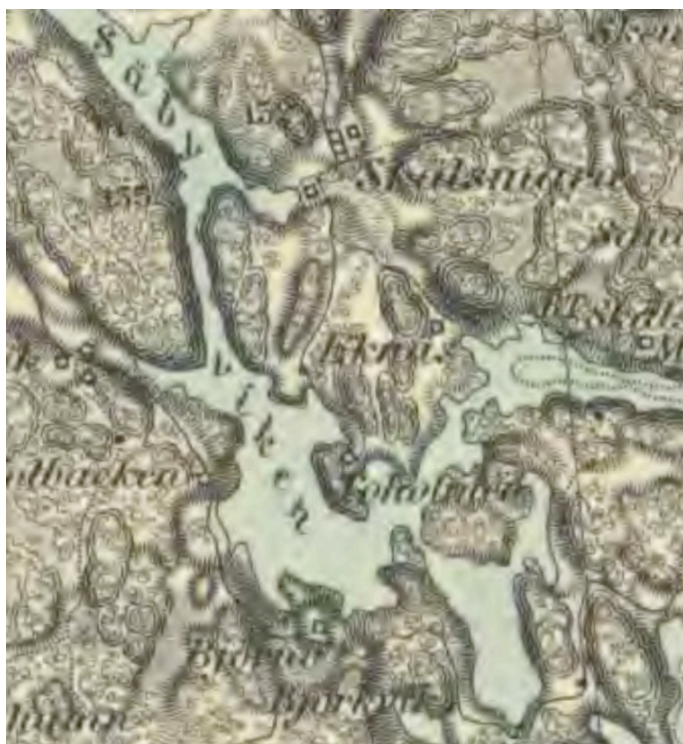
Figur 18 Apparent landhöjning enligt landhöjningsmodellen NKG2005LU (RH 2000 LU). Med den apparenta landhöjningen avses landhöjningen i förhållande till havets medelnivå (Lantmäteriet).

Som framgår av figur 18 är den apparenta landhöjningen i Björnöfjärdsområdet 3,5-4 mm/år, vilket innebär att vattenståndet i början på 1900-talet var ca 4 dm högre än idag. Enligt Reidar Lind (pers. medd.) var djupet i utloppet i slutet av 1960-talet ca 0,5 m. Vid muddringen ökades djupet till 1,8-1,9 m. I början på 1900-talet bör sålunda djupet i utloppet ha varit 0,7-0,8 m. Eftersom vi vet att förändringarna i sedimenten kring 1970 representerar ett stort

ingrepp i vattenbalansen för fjärden ligger det nära till hands att dra en motsvarande analogi med de registrerade förändringarna omkring 1910. Frågan är om någon form av grumlande ingrepp skedde i mynningsområdet eller längre in i fjärdsystemet vid 1900-talets början. Undertecknad har försökt få fram uppgifter om detta utan att lyckas. Detta ligger inte inom ramen för föreliggande undersökning. Men en större efterforskningsinsats t.ex. i form av intervjuer med äldre personer eller sökning i myndigheters arkiv (länsstyrelse, kommun, vattendomstol) skulle kanske kunna ge resultat om något sådant ingrepp skett i fjärden.

4.3 Fjärdsystemets utveckling sedan 1870-talet utifrån kartmaterial

Vid sökningen rörande eventuella tidigare ingrepp i fjärden återfanns hos Lantmäteriet tre historiska kartor som visar fjärdens utveckling sedan 1870-talet. Generalstabens karta från 1877 (Fig. 19) visar ett förhållandevis öppet fjärdsystem med i kartan tämligen brett utlopp. Hela fjärden kallas Säbyviken och om vi förutsätter att djupet i utloppet 1970 var 0,5 m (Lind pers. medd.) kan det uppskattas till 0,8-0,9 m när kartan publicerades 1877.



Figur 19 Utdrag ur Generalstabskartan Vaxholm J243-76-1 från 1877 (Lantmäteriet 2016).

I början på 1900-talet (Fig. 20) framställde man inloppet smalare än på kartan från 1877 och ortsnamnet Säbyviken anges även för fjärden utanför nuvarande utloppet. Vassar är inritade både i den yttre delen och i det som senare kallas för Strömmen mellan Strömsudden och Näset (Fig. 21). Namnet Strömmen antyder att vatten strömmar genom sundet, vilket borde innebära ett avsevärt mindre djup än idag. Frågan är om kanske tröskeln låg här och inte vid det nuvarande utloppet i Östersjön. Som resultat av sonarkarteringen 2011 (Jonsson och Karlsson 2012) visas mycket tydliga muddringsbranter och bottenmaterialet i detta område bedöms vara glacial eller postglacial lera. Måhända låg Björnöfjärdens tröskel här före den genomgripande fördjupningen kring 1970.



Figur 20 Utdrag ur häradseconomiska kartan Fågelbro J112-76-17 från 1901-1906 (Lantmäteriet 2016).

Utifrån GoogleEarth-bilden över Strömmen-området från 2011 (Fig. 22) är det uppenbart att betydande ingrepp skett i området. Omkring 1970 skedde den omfattande muddringen som skapade den kanal som tydligt ses på bilden. Frågan är dock hur området såg ut innan dess.



Figur 21 Utdrag ur ekonomiska kartan Skälsmara J133-10J4b67 från 1952 (Lantmäteriet 2016).

Var det bara en grund naturlig passage genom ett mer eller mindre igenväxt sund eller hade man redan tidigare under 1900-talet genomfört en fördjupning av sundet som i den ekonomiska kartan från 1952 benämns Strömmen (Fig. 21)? Utifrån föreliggande underlag kan inte detta avgöras.



Figur 22 GoogleEarth-bild över Strömmenområdet.

4.4 Björnöfjärdens syrgashistorik utifrån lamineringsutveckling

4.4.1 Framtagning av tidsutvecklingsdiagram

Tidsdiagram som visar hur andelen laminerade bottnar förändrats med tiden har visat sig vara en god indikator på den historiska belastningssituationen i skärgårdsområden. Vid undersökningen 2012 var underlaget i form av sedimentkärnor för litet för att konstruera tillförlitliga diagram för tidsutvecklingen av laminerade sediment. För Björnöfjärden har antalet kärnor som underlag ökat från 7 kärnor 2012 till 33 kärnor 2016. Detta innebär att vi nu har att tillgå ett tillräckligt stort dataunderlag för att på ett trovärdigt sätt upprätta denna typ av diagram. Antalet kärnor räcker för att differentiera materialet i 3 grupper:

- Samtliga kärnor (n=33)
- Kärnor från grundare än 14 m (n=22)
- Kärnor från djupare än 14 m (n=11)

Tillvägagångssättet för att konstruera diagrammen har varit följande:

- Efter utskjutning och delning av kärnorna fotograferades de två halvorna med digitalkamera. Bilderna överfördes sedan till dator för bildanalys. I datorn analyserades kärnorna noggrant med avseende på laminering, varvantal, varvtjocklek, bioturberade avsnitt, färg och struktur.
- 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). Under vinterhalvåret avsätts normalt ett ljusare sediment som innehåller mer

mineralkorn. Resuspension av leror under vinterstormar är tämligen vanliga. Under sommarhalvåret sedimenterar en avsevärt större andel organiskt material än på vintern pga. högre biologisk produktion. Ett mörkare skikt med relativt hög halt organiskt material bildas p.g.a. syrgasbrist. Ett kalenderårsskifte hamnar normalt mitt i det ljusare partiet.

- Bioturberade skikt bildas, som ovan nämnts, ibland under perioder med förbättrade syrgashalter. För att tidsbestämma dessa skikt användes ett medelvärde på varvtjocklek under och ovanför det bioturberade skiktet.

- Resultaten av varvräkning och beräkning av bioturberade skikts tidsperioder från varje kärna överförs till ett diagram där man för varje år noterar laminerat eller bioturberat. För varje år beräknar man sedan hur många kärnor som är laminerade respektive bioturberade.

- Ytsedimenten representeras av samtliga undersökta kärnor. Ju längre ned i sedimenten man kommer blir antalet kärnor som används som underlag mindre och mindre eftersom längden på kärnorna varierar liksom varvtjocklekarna. I diagrammen redovisas det som $n=x-y$ där x står för antalet studerade kärnor i ytsedimenten och y står för antalet kärnor i de djupaste delarna av kärnorna.

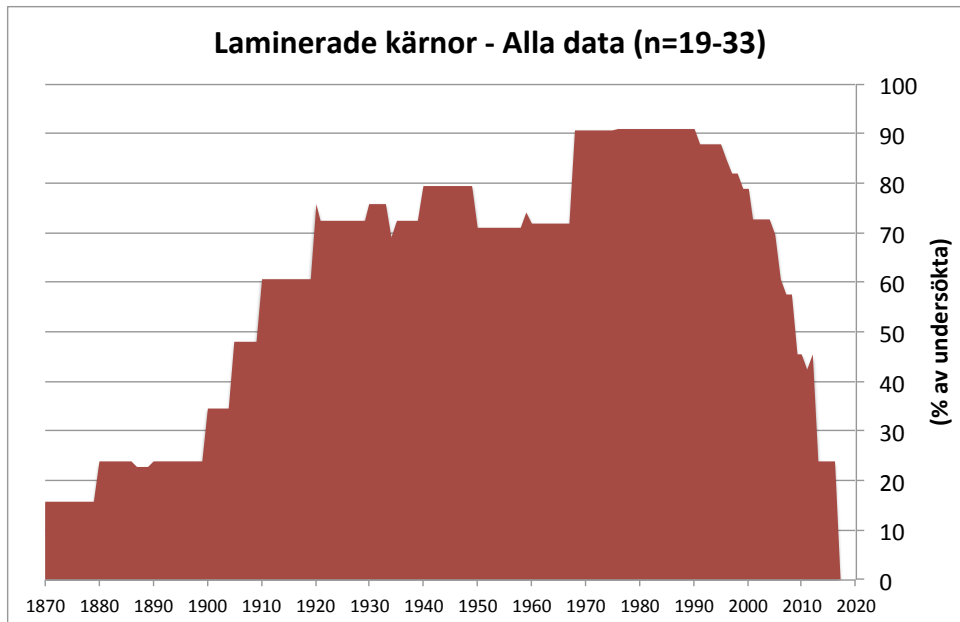
- Resultatet redovisas sedan i ett diagram som visar frekvensen laminerade kärnor i förhållande till totalantalet undersökta.

4.4.2 Björnöfjärdens recenta syrgashistoria

I slutet på 1800-talet, ungefär samtidigt som generalstabskartan från 1877 presenterades, var frekvensen laminerade sedimentkärnor omkring 15 % (Fig. 23). Detta bygger som framgår av figuren på ett förhållandevis stort antal kärnor ($n=19$), varför slutsatsen är tämligen säker. En betydande ökning av lamineringsfrekvensen från 23 till ca 70 % sker under perioden 1905-1925. Början av ökningen sammanfaller tidsmässigt med uppkomsten av ljusare laminerade sediment omkring 1910.

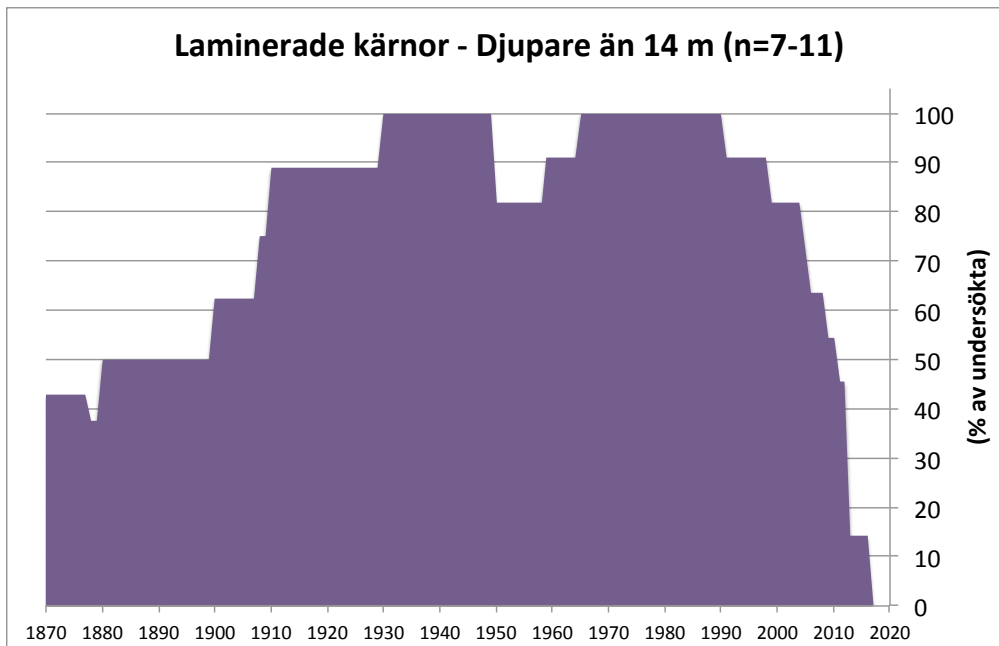
Frekvensen laminerade kärnor ligger sedan mer eller mindre konstant på drygt 70 % från 1925 till omkring 1970 då det stora muddringsingreppet skedde i fjärdens utlopp till Östersjön. Vid denna tid blev mer eller mindre momentant ytterligare ca 20 % av kärnorna laminerade.

Frekvensen laminerade kärnor ligger sedan stadigt på drygt 90 % fram till början av 1990-talet, då den ganska snabbt sjunker till 24 % 2016. Orsaken till denna snabba nedgång är inte att söka i en dramatiskt förbättrad syresituation som börjar under tidiga 1990-talet utan beror med all sannolikhet på den aluminiumfällning som genomfördes 2012-2013. Härvid rördes ytsedimenten om till varierande djup av doseringsutrustningen som ”plöjde” ned aluminiumlösning i ytsedimenten varvid de laminerade ytsedimenten blandades om mekaniskt ned till max 10 cm sedimentdjup. Undersökningen 2012 (Jonsson & Karlsson 2012) visade att samtliga undersökta kärnor på större djup än 8 m ($n=13$) i Björnöfjärden inklusive Säbyviken var laminerade upp till 2012 när studien genomfördes. Resultaten från figur 23 indikerar att närmare 70 % av bottenarna djupare än 9 m omblandats vid aluminiumbehandlingen 2012-2013.



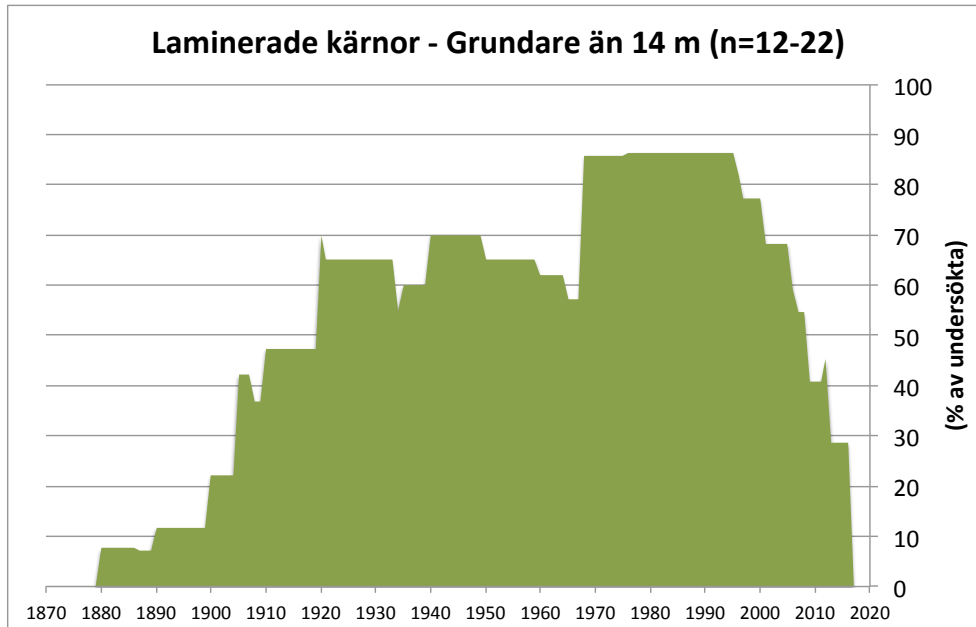
Figur 23 Frekvensen laminerade sedimentkärnor i förhållande till totalantalet undersökta. Resultat från alla studerade kärnor och från alla djup större än 9 m.

På större djup än 14 m uppvisar ungefär 40 % av de studerade kärnorna laminerade sediment under slutet av 1870-talet (Fig. 24). En snabb ökning av frekvensen laminerade kärnor sker mellan 1905-1915 till närmare 90 %. Under perioden 1915-1995 ligger andelen laminerade kärnor på 80 till 100 %. Från 1995 till 2016 sjunker andelen till knappt 15 %. Orsaken är densamma som diskuterats ovan för hela fjärden. I de djupare delarna är det tydligt att aluminium-inblandningen varit som mest effektiv, eftersom 85 % av kärnornas ytsediment blandats om.



Figur 24 Frekvensen laminerade sedimentkärnor i förhållande till totalantalet undersökta på större djup än 14 m.

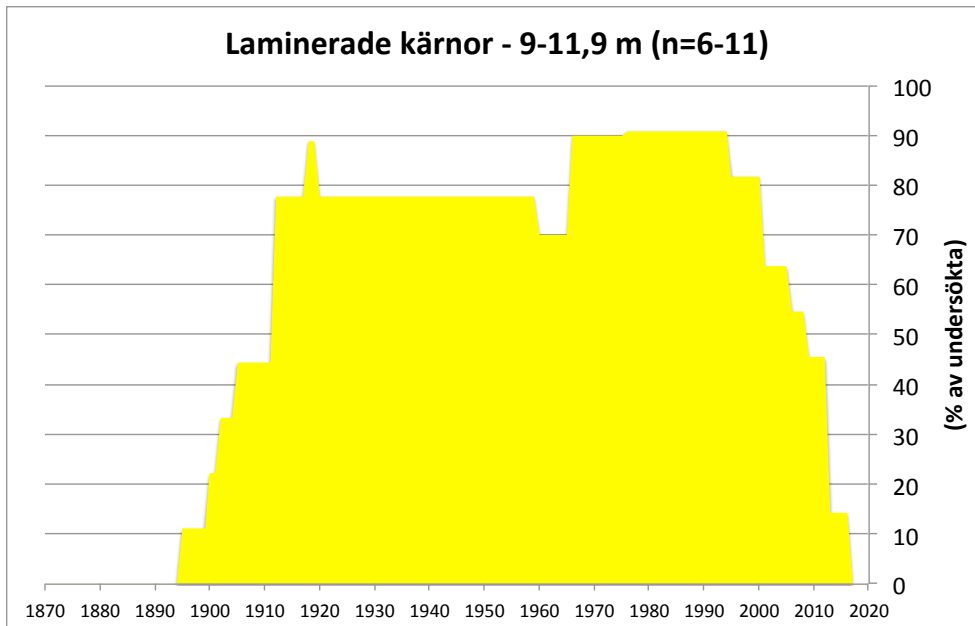
På djup mellan 9 och 14 m (Fig. 25) ligger frekvensen laminerade kärnor under 1800-talets slut på 8-12 % och ökar sedan under perioden 1905-1925 till 60-70 %. Fram till 1970-talets början varierar frekvensen mellan 55 och 70 %, för att sedan snabbt stiga till 85 %. Från slutet av 1990-talet sjunker sedan andelen laminerade kärnor till knappt 30 % fram till 2016. Detta indikerar att omblandningen av de grundare bottarna i samband med aluminium-behandlingen 2012-2013 varit något mindre effektiv än i de djupare bottarna.



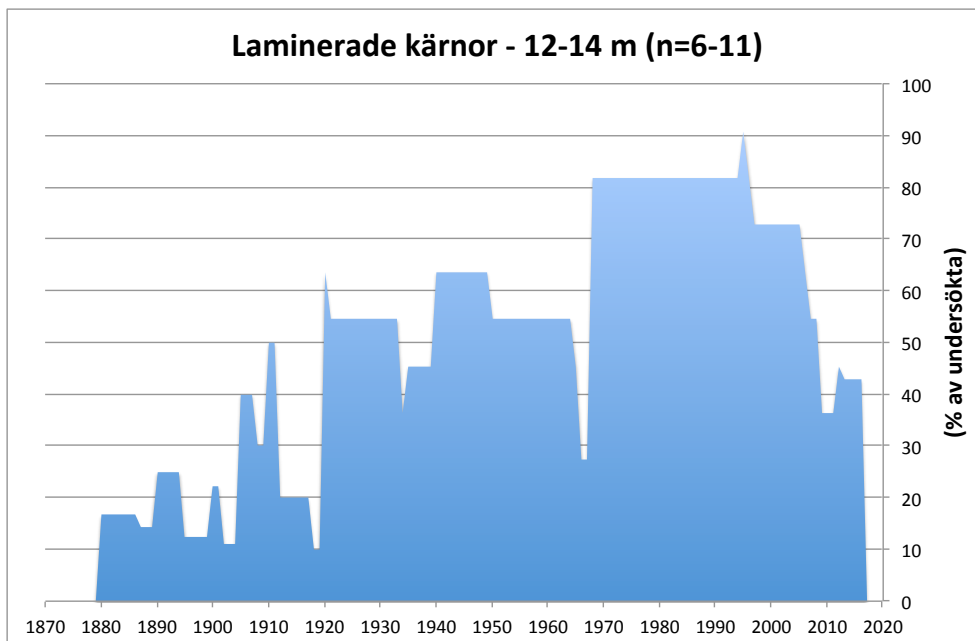
Figur 25 Frekvensen laminerade sedimentkärnor i förhållande till totalantalet undersökta från bottnar med djup mellan 9 och 14 m.

För att undersöka om några betydande skillnader föreligger mellan bottnar grundare än 14 m har materialet separerats i bottnar med djup mellan 9 och 11,9 m (Fig. 26) från bottnar mellan 12 och 14 m (Fig. 27). En slutsats är att säkerheten i bedömningarna sjunker påtagligt eftersom underlagen som de äldre delarna av diagrammen bygger på minskar till 6 kärnor. Vid år 1920 bygger dock diagrammen på 11 resp. 9 kärnor, varför historiken för de senare delarna i båda diagrammen är godtagbar.

I diagrammet för 9-11,9 m ökar andelen laminerade kärnor från 1895 snabbt och 1920 är frekvensen laminerade kärnor 78 %. I diagrammet för 12-14 m ökar lamineringsfrekvensen långsammare och ryckvis och är 55 % 1920. Om ett tydligt djupberoende hade funnits för ökningstakten borde uppgången varit snabbare på större djup, d.v.s. tvärtemot vad diagrammen antyder. En slutsats som måhända kan dras är att muddringen omkring 1970 resulterade i mindre effekt på bottarna grundare än 12 m än på de djupare.



Figur 26 Frekvensen laminerade sedimentkärnor i förhållande till totalantalet undersökta från botten med djup mellan 9 och 11,9 m.



Figur 27 Frekvensen laminerade sedimentkärnor i förhållande till totalantalet undersökta från botten med djup mellan 12 och 14 m.

Utökningen av antalet studerade sedimentkärnor från 9 st. 2012 till 33 st. 2016 har inte förändrat slutsatsen från 2012 års studie (Jonsson och Karlsson 2012) att den omfattande fördjupningen av utloppet till Östersjön kring 1970 var huvudorsaken till ökad syrebrist i Björnöfjärdens djuphål under slutet av 1900-talet.

Föreliggande studie har betydligt säkrare belyst lamineringshistoriken i fjärden så långt tillbaka i tiden som till slutet av 1870-talet. Den riktigt stora förändringen skedde från omkring 1905 till 1925 då de laminerade bottenarna expanderade från ca 25 % till ca 70 %.

Denna expansion kan vara naturligt betingad av landhöjningen i en fjärd under avsnörning från havet. Det är dock inte uteslutet att urbaniseringen av området under 1800- och 1900-talen kan ha ökat tillförseln av näringsämnen till fjärdsystemet med ökande syrebrist i djupområdena som följd. Som tidigare nämnts är det också möjligt att någon form av ingrepp i Björnöfjärdens utlopp till Östersjön kan ha skett under 1900-talets början. Någon dokumentation av en sådan förändring har dock inte i föreliggande undersökning kunnat fastställas. Men, som tidigare nämnts, skulle eventuellt en mer omfattande efterforskning i form av intervjuer med äldre personer och sökningar i myndighetsarkiv kunna visa om något betydande ingrepp skett i fjärden i början på 1900-talet.

REFERENSER

- Jonsson, P., Carman, R. and Wulff, F., 1990. Laminated sediments in the Baltic - A tool for evaluating nutrient mass balances. *Ambio* Vol. 19 No. 3, May 1990, p 152-158.
- Jonsson, P. (Red.), Persson, J. och Holmberg, P., 2003. Skärgårdens bottnar. Naturvårdsverket Rapport 5212, Stockholm, ISBN 91-620-5212-8, ISSN 0282-7298, 112 sid. English summary.
- Jonsson, P., 1992. Large-scale changes of contaminants in Baltic Sea sediments during the twentieth century. Doctoral thesis at Uppsala university. ISBN 91-554-2997-1.
- Jonsson, Per. Opubl. material
- Jonsson och Karlsson 2012
- Lantmäteriet, 2016. <https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/GPS-och-geodetisk-matning/Referenssystem/Landhojning/>
- Lind, Reidar. Pers. medd.
- 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.
- Renberg, I., 1981. Formation, structure and visual appearance of iron-rich, varved lake sediments. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 21, 94_101.
- Winterhalter, B., 1998. The Gemax corer for soft sediments, 9 sid. Geological Survey of Finland, Espoo. <http://www.kolumbus.fi/boris.winterhalter/GEMAX.pdf>