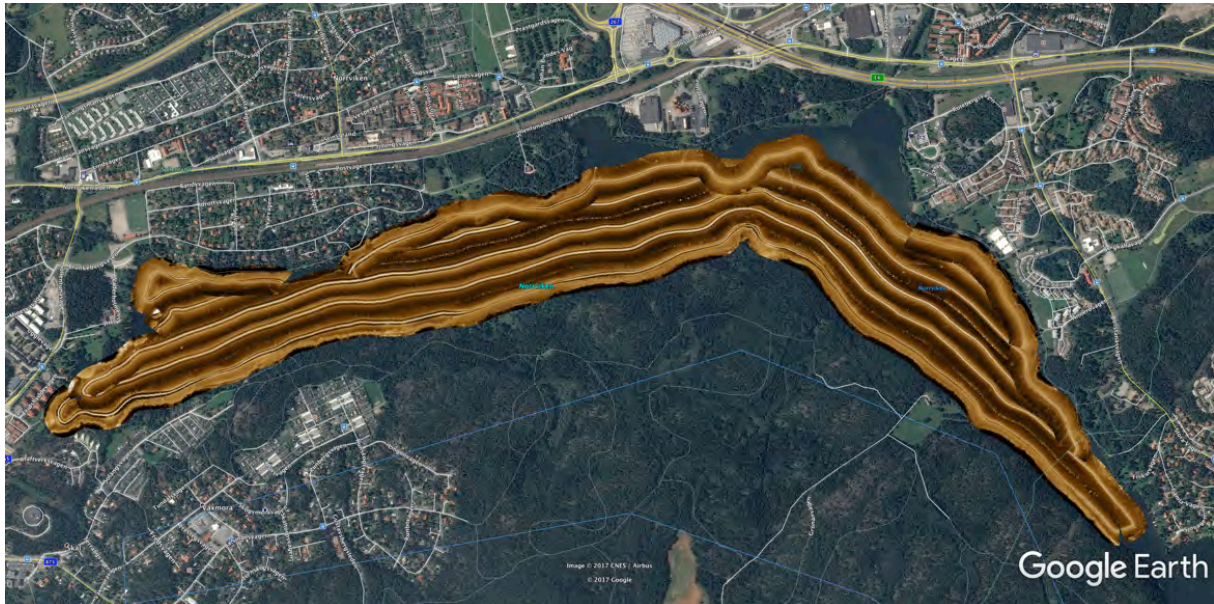




Sedimentkonsult HB



**Kartering och verifierande  
sedimentprovtagning  
i Norrviken  
inom LIFE IP Rich Waters  
(LIFE IPE SE 015 Rich Waters)**



SOLLENTUNA  
KOMMUN



Havs  
och Vatten  
myndigheten



Upplands Väsby  
kommun

## SAMMANFATTNING

JP Sedimentkonsult HB har av Sollentuna kommun fått i uppdrag att genomföra en undersökning av Norrvikens sedimentdynamik. Syftet med projektet har varit att närmare kartlägga sedimenten i Norrviken med side scan sonar och ekolod inför en eventuell framtida aluminiumbehandling av sedimenten. Utifrån karteringsunderlaget har sedimentprover (kärnor och ytsediment) tagits på 10 stationer för att verifiera bottenodynamiken i sjön.

Den nordligaste delen ovanför Bollstanäs har djup understigande 3 m och omfattas enligt direktiv av beställaren inte av föreliggande undersökning.

Sonarkarteringen genomfördes längs ett antal transekter i Norrviken med ett genomsnittligt transektavstånd på ca 80 m vilket innebär att transekterna överlappade varandra med i genomsnitt 20 m. Generellt kan säjas att Norrvikens botten uppvisar många ekon och strukturer som ibland kan vara svåra att tolka. Det ingår inte i föreliggande undersökning att identifiera och bedöma om hinder finns för dosering av aluminiumsulfat i sedimenten. Vidare är rester av nedfallna träd vanliga längs de flesta av Norrvikens stränder, vilket innebär att det kan vara riskabelt att släpa en doseringsrigg alltför nära land.

En stor mängd iakttagelser har gjorts 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 rapporten nämns endast några mycket påtagliga iakttagelser som gjorts utifrån sonarplotten.

Likartade strukturer uppträder i 4 av de insamlade kärnorna på vattendjup överstigande 9 m. Allt talar för att dessa skikt är avsatta samtidigt, vilket leder till att med hjälp av dessa karaktäristiska lednivåer i sedimenten kan de olika sedimentkärnorna tidsmässigt konnekteras.

I den sedimentkärna som hittills analyserats med avseende på metaller noteras en påtaglig haltökning av främst koppar och kvicksilver på 25-35 cm djup. Denna ökning antas härröra från en kopparsulfat-behandling av Norrvikens sediment 1947. Sedimenttillväxten i ytskiktet har uppskattats till 4-7 mm/år. Genomsnittligt i de översta 30 cm är sålunda sedimentackumulationen 4-6 mm/år, vilket på 30 cm skulle motsvara 60-75 år. Nivån 30 cm skulle enligt denna beräkning motsvara 1942-1957, vilket är i hygglig överensstämmelse med antagandet att koppartoppen motsvarar slutet på 1940-talet.

I den norra delen av Norrviken noterades E/T-bottnar på 2,0 och 2,9 meters djup (N2 resp. N3) medan tydlig ackumulation konstaterades på 4,0 m vid station N1. Även i den södra delen av sjön tyder mjuka förhållanden i ytsedimenten utifrån sonarkarteringen på att gränsen mellan E/T- och A-bottnar går vid  $3 \pm 1$  m. Bottenodynamiska kartor har sammanställts för den norra och den södra delen av Norrviken.

Norrvikens form medför dock att gränsen för ackumulation varierar påtagligt mellan sjöns olika delar. Den bör rimligen ligga grundast i de mittersta delarna av såväl den norra som den södra delen av sjön, eftersom våghöjderna här är mindre än i sydänden, mitten och nordänden. Följaktligen torde gränsen för ackumulation ligga djupare i de nordligaste, sydligaste och centrala delarna av sjön som en följd av den större fetchen här. Vi har dock valt att i alla de undersökta delarna av sjön sätta en operativ gräns mellan ackumulation och erosion/transport till 4 m. Noggrannheten i denna bedömning torde vara tillfredsställande för en eventuell framtida aluminiumbehandling av sedimenten.



**Kartering och verifierande  
sedimentprovtagning  
i Norrviken  
inom LIFE IP Rich Waters  
(LIFE IPE SE 015 Rich Waters)**

Mottagare:  
Towe Holmborn  
Sollentuna kommun

Sollenkroka den 9 oktober 2017

JP Sedimentkonsult Rapport 2017:4

---

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

**Telefon**  
08-57163744  
070-5208057

**Organisationsnr**  
969720-0815

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	UPPDRAG OCH SYFTE	5
2	OMRÅDESBESKRIVNING	5
2.1	Djupförhållanden	5
3	MATERIAL OCH METODER	7
3.1	Utrustning	7
3.1.1	R/V Perca	7
3.1.2	Positionering	7
3.1.3	Djupmätning	7
3.1.4	Side scan sonar	8
3.1.5	Sedimentprovtagare	8
3.1.5.1	Geminihämtare	8
3.1.5.2	Ponarhämtare	9
3.2	Fältarbeten	10
3.3	Laboratoriearbete	11
3.3.1	Dokumentation av sedimentkärnor	11
4	RESULTAT	11
4.1	Djupmätning	11
4.2	Sonarkartering	12
4.2.1	Iakttagelser utifrån sonarunderlaget	13
4.3	Sedimentkärnor	21
4.4	Bottendynamiska förhållanden	23
	REFERENSER	27
APPENDIX 1	Protokoll och fotografier från sedimentprovtagning i Norrviken	

## 1 UPPDRAG OCH SYFTE

JP Sedimentkonsult HB har av Towe Holmborn, Sollentuna kommun, fått i uppdrag att genomföra en undersökning av Norrvikens sedimentdynamik. JP tackar för förtroendet och har glädjen att härmed redovisa slutrapporten för projektet.

Syftet med projektet är

- att initialt närmare kartlägga sedimenten i Norrviken med side scan sonar och ekolod
- att utifrån det karteringsunderlaget samla in sedimentprover (kärnor och ytsediment) för att verifiera bottendynamiken i sjön.
- att beskriva sedimentdynamiken i Norrviken inför en eventuell framtida aluminiumbehandling av sedimenten.
- att utvärdera och sammanställa resultaten i en slutrapport.

I denna undersökning har vi använt ett klassificeringssystem av botten typer enligt Håkanson and Jansson (1983). Bottenarna karaktäriseras enligt följande:

- Ackumulationsbottnar (A-bottnar) är bottnar där finmaterial (medium silt, kornstorlek < 6 µm) deponeras kontinuerligt.
- Transportbottnar (T-bottnar) är bottnar med diskontinuerlig deposition av finmaterial, dvs. där perioder med ackumulation omväxlar med resuspensions- och transportperioder.
- Erosionsbottnar (E-bottnar) är bottnar där deposition av finmaterial ej sker.

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 ackumulationsbottenarna.

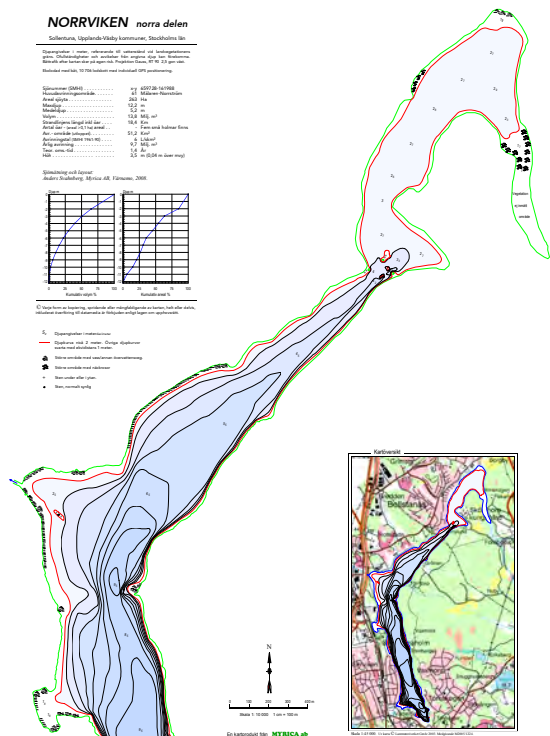
Akkumulationsbottenarna består av finmaterial som gyttjelera och lergyttja och har höga vattenhalter. Ibland kan t.o.m. gränsen mellan sediment och vatten vara svår att avgöra p.g.a. den höga vattenhalten i ytsedimentet. Vanligen finner man de högsta halterna av de flesta föroreningar i ackumulationsbottenarna.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

## 2 OMRÅDESBESKRIVNING

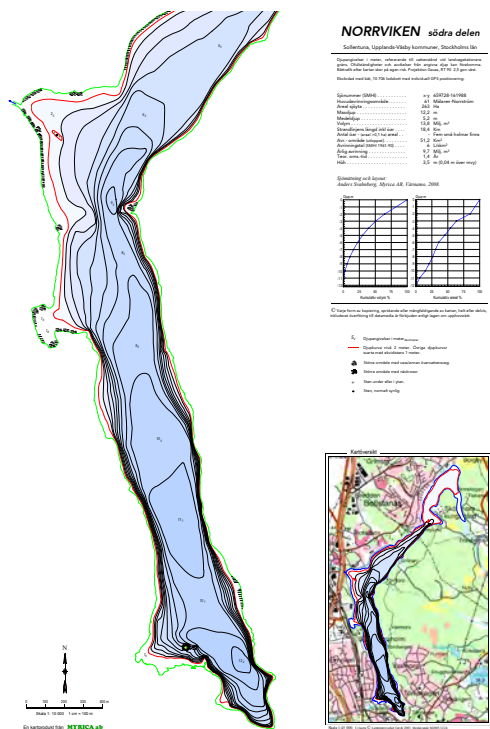
### 2.1 Djupförhållanden

Djupmätning av Norrviken genomfördes av Myrica AB 2008. Den nordligaste delen ovanför Bollstanäs har djup understigande 3 m (Fig. 1) och omfattas enligt direktiv av beställaren inte av föreliggande undersökning.

Från Bollstanäs och ned till udden strax söder om Törntorp på Norrvikens östra sida ökar djupet successivt ned till drygt 9 m. I den södra delen (Fig. 2) ökar djupet ytterligare och det största uppmätta djupet 12,2 m noteras i den sydligaste delen av sjön.



Figur 1 Djupförhållanden i Norrsviken – norra delen (Myrica AB 2008).



Figur 2 Djupförhållanden i Norrsviken – södra delen (Myrica AB 2008).



### 3 MATERIAL OCH METODER

#### 3.1 Utrustning

##### 3.1.1 R/V Perca

*Data för provtagningsbåten R/V Perca (Fig.3)*

Längd 7,0 m, bredd 2,4 m, maxfart 23 knop, marschfart 17 knop. Provtagningsutrustning: Eldriven provtagningsvinsch som klarar Gemini-hämtare, tillgång till många typer av provtagnings-utrustning, 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.

##### 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.



Figur 3 Undersökningsbåten R/V Perca.

##### 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.

För att kunna upprika djupkartor över Norrviken användes programvaran DrDepth som i kombination med provtagningsbåtens ordinarie ekolod kontinuerligt registrerar djupet. Efter inhämtning av tillräcklig mängd djupdata kan programmet framställa integrerade djupkartor

antingen med isolinjer eller i 3D-format. Vattenståndet vid provtagningsstillfället bedömdes vara ungefär medelvatten.

### 3.1.4 Side scan sonar

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.

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 30-200 meter åt varje håll beroende på botten topografi och områdets djupförhållanden. Man kan även välja att bara scanna antingen åt styrbord eller babord. I detta arbete användes svepvidderna Sb/Bb 50/50 m.



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

### 3.1.5 Sedimentprovtagare

#### 3.1.5.1 Geminihämtare

Sedimentprovtagning skedde med Geminihämtare (Fig. 5). Hämtaren som även benämns Gemax, utvecklades under början av 1990-talet av den finske sedimentologen Lauri Niemistö (Winterhalter 1998). 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 mjukbottenar, 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 och provuttag.



Figur 5 Vänstra bilden: Gemini-hämtaren surrad för transport. Högra bilden: Geminihämtaren laddad och redo för hugg.

### 3.1.5.2 Ponarhämtnare

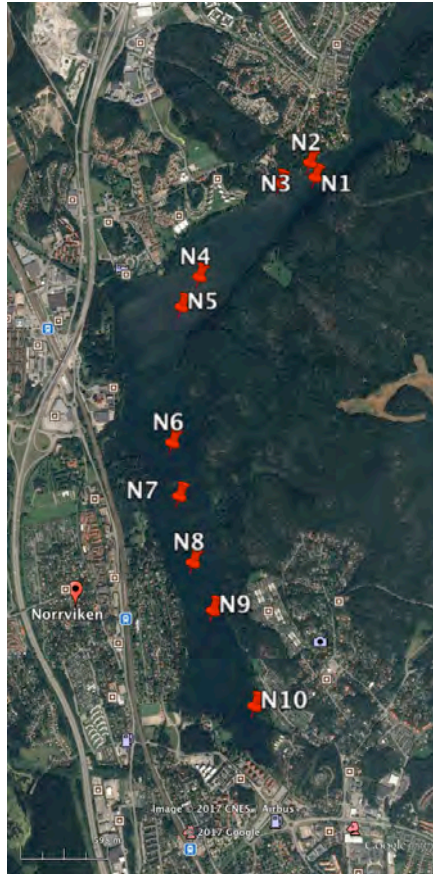
För ytsedimentprovtagning på E- och T-bottnar samt på grunt vatten användes den välbeprövade och för ytsedimentprovtagning ofta nyttjade Ponarhämtnaren (Håkanson and Jansson 1983). Den har en enkel och funktionellt tillförlitlig konstruktion (Fig. 6). Löstagbara vikter gör att den kan användas på såväl mjuka som hårda bottnar. Hämtaren medger fri vattenpassage under nedfiring. När den nått botten och draget i vajern upphör frisläpps låsmekanismen varvid hämtaren stänger när uppfirning påbörjas. Denna provtagare användes på de något hårdare bottarna i anslutning till stränderna för att fastställa djupgränsen mellan E/T- och A-bottnar.



Figur 6 Ponarhämtnaren laddad och redo för hugg.

### 3.2 Fältarbeten

Sedimentprovtagning genomfördes med R/V Perca på 10 stationer den 3 maj 2017. Provtagningsstationernas lägen framgår av Figur 7. Sedimentkärnor insamlades på totalt 8 stationer med Geminihämtare. På de två grundaste av stationerna (N2 och N3) kunde prov endast tas med ponarhämtare.



Figur 7 Provtagningsstationer för sediment i Norrviken 2017. Positionerna för stationerna framgår av Bilaga 1.

Sedimentkärnorna förseglades i fält (Fig. 8) och förvarades i kylskåp (4-6 °C) i avvaktan på dokumentation och provuttag.



Figur 8 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 rännen. 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.

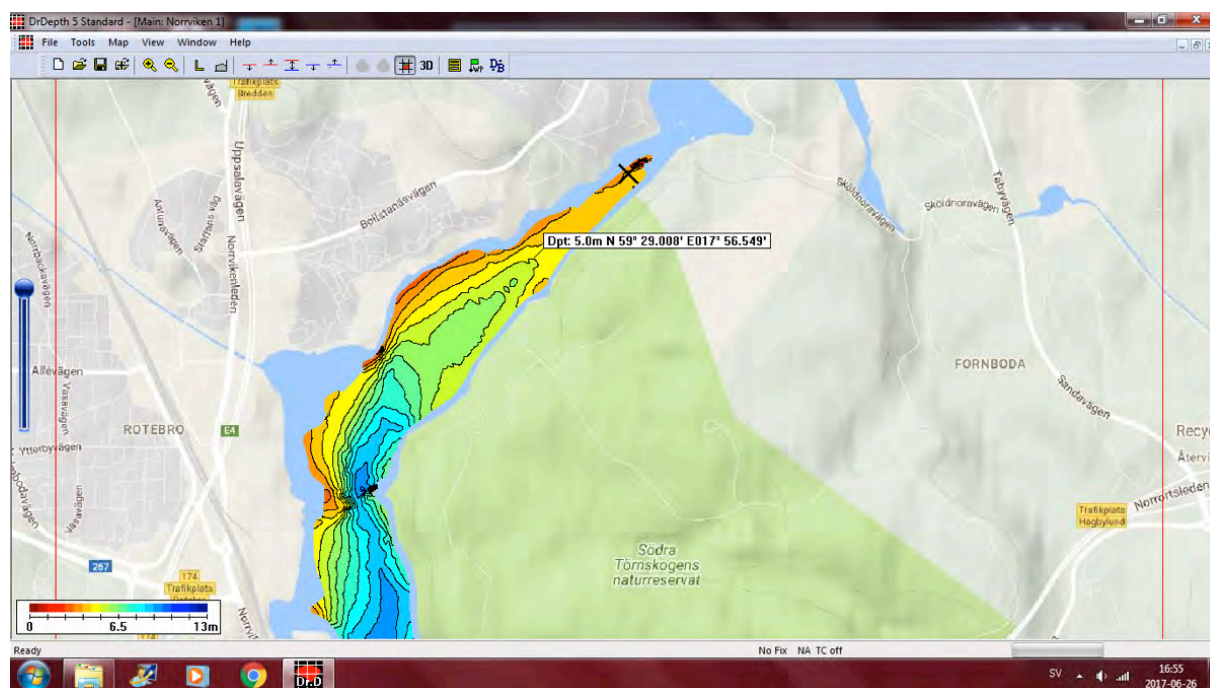
Uttag av prover för metallanalys genomfördes i kärnorna från stationerna N6, N8 och N10. Utvärdering och redovisning av dessa resultat ingick inte i uppdraget, men resultat av metallanalys av kärnan från N8 utnyttjades för översiktlig datering av kärnorna (Jfr avsnitt 4.3).

## 4 RESULTAT OCH DISKUSSION

### 4.1 Djupmätning

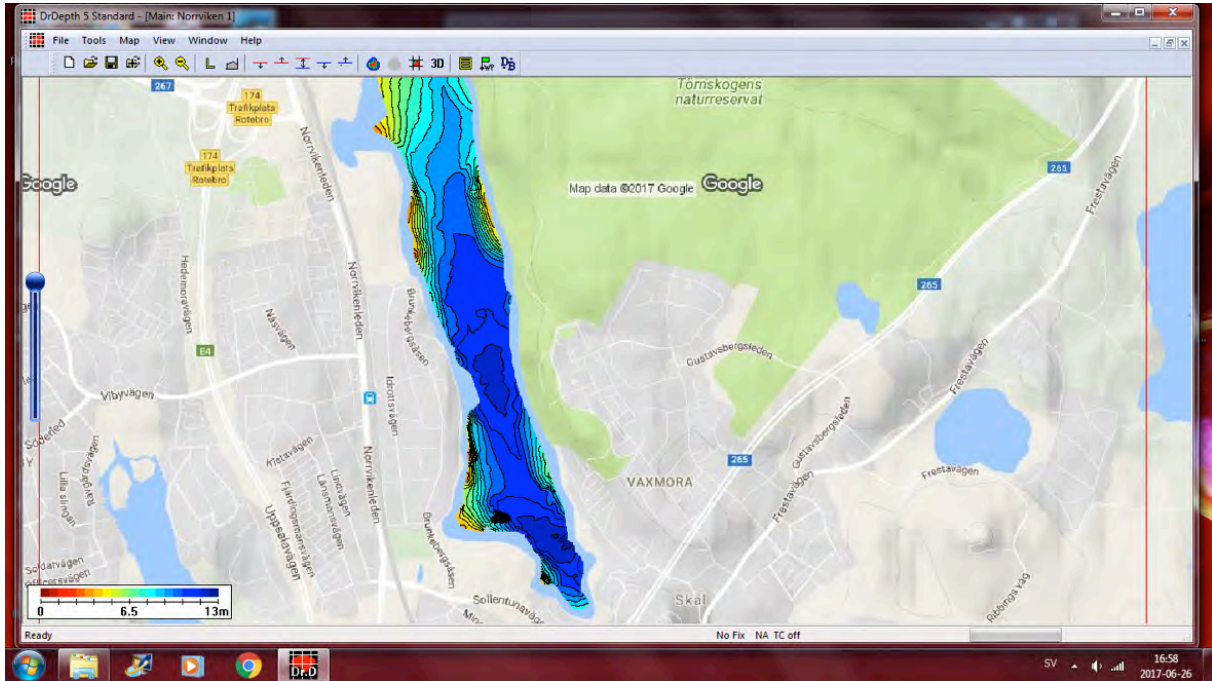
Ett navigationsekolod av modell Garmin Fishfinder 400C användes kontinuerligt under provtagningen för att registrera botten djupet och ge en uppfattning om botten dynamiken. Som underlag för kartering och provtagning hade vi tillgång till tidigare framtagen djupkarta (Fig. 1 och 2).

I samband med sonarkarteringen mättes även vattendjupet och resultaten lagrades i programvaran DrDepth. Resultaten av vår djupkartering (Fig. 9 och 10) överensstämmer i allt väsentligt med den karta som togs fram av Myrica 2008.



Figur 9 Djupförhållanden i den norra delen av Norrviken (DrDepth).





Figur 10 Djupförhållanden i den södra delen av Norrviken (DrDepth).

### 3.2 Sonarkartering

Sonarkarteringen genomfördes längs ett antal transekter i Norrviken med ett genomsnittligt transektavstånd på ca 80 m vilket innebar att transekterna överlappade varandra med i genomsnitt 20 m (Fig. 11).



Figur 11 Sonaröversikt över studieområdet. Bilden har av framställningstekniska skäl lutats så att norr är rakt till höger i bilden.

#### 4.2.1 Iakttagelser utifrån sonarunderlaget

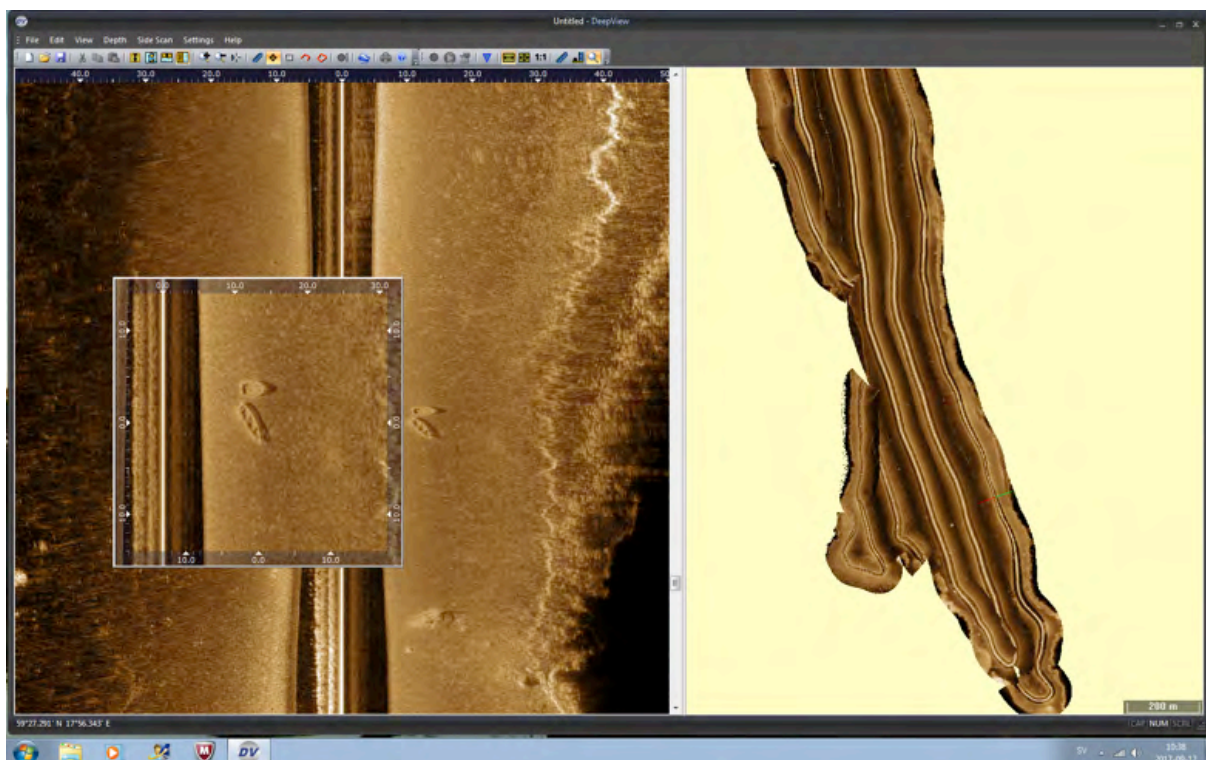
Generellt kan säjas att Norrvikens botten uppvisar många ekon och strukturer som ibland kan vara svåra att tolka. Det ingår inte i föreliggande undersökning att identifiera och bedöma om hinder finns för dosering av aluminiumsulfat i sedimenten. Vidare är rester av nedfallna träd vanliga längs de flesta av Norrvikens stränder, vilket innebär att det kan vara riskabelt att släpa en doseringsrigg alltför nära land. Vår rekommendation är att inte gå närmare än 25-30 meter.

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.

Vissa ekon är ganska enkla att identifiera och i det följande redovisas några av dessa. Nedan redovisade exempel är uppställda på samma sätt och figurtexten för figur 12 gäller för även övriga figurer i detta avsnitt. Djupen där de olika iakttagelserna har gjorts kan inte utläsas ur sonar-bilderna. För att uppskatta djupet är man hänvisad till att jämföra positionen med djupkartan från Fig. 1 och 2 eller Fig. 9 och 10.

Positionerna (i WGS-84) för de olika objekten har lagts in i figurtexterna.

#### *Vrak*

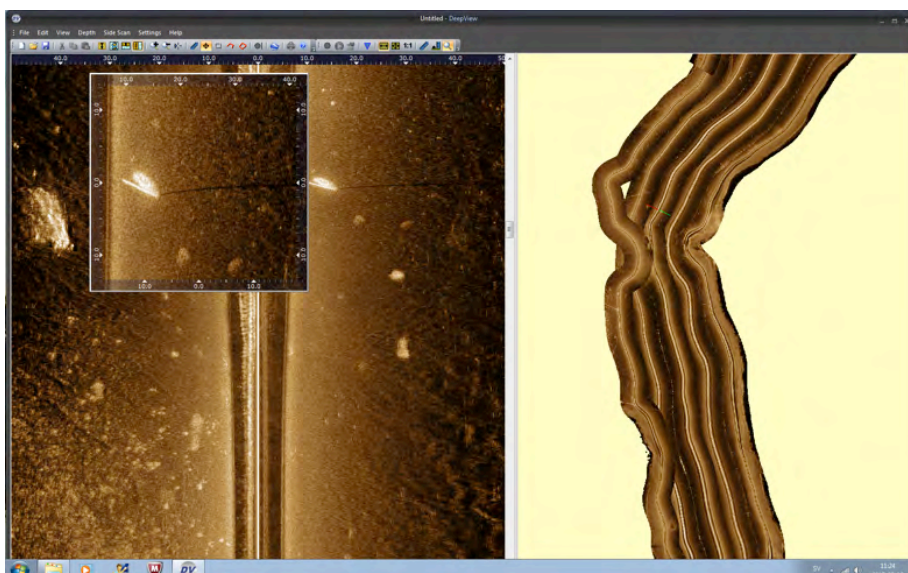


Figur 12 Side scan sonarplott från Norrvikens sydöstra strand (Lat 59°27,292' Long 17°56,341') som tydligt visar två sjunkna båtar av 3-5 meters storlek.

Den vänstra delen av figuren visar sonarplottet i detalj. Bilden är ytriktig och fartyget har gått nedifrån i bild och uppåt. Spåret i mitten ligger rakt under sonarfisken Ju bredare den blinda

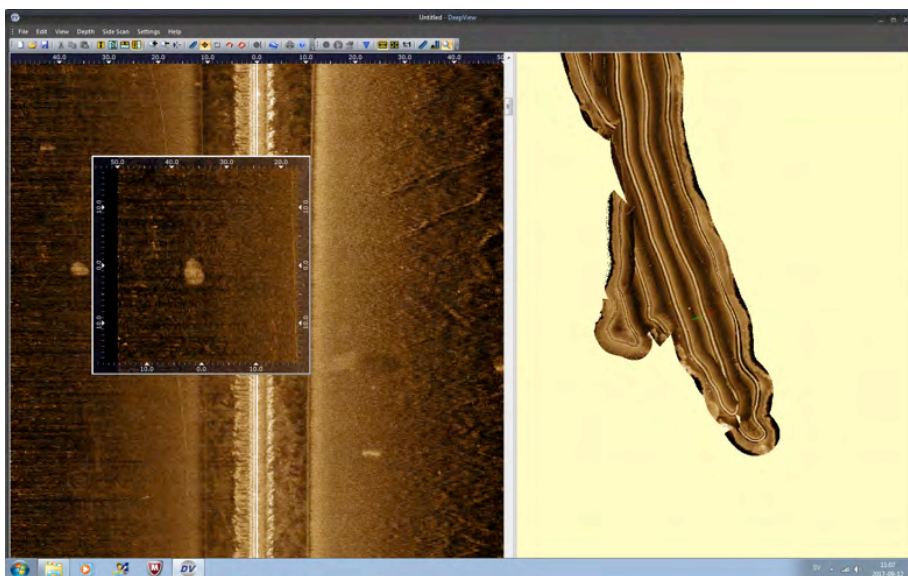


sektorn är desto större vattendjup. Det breda mörka området representerar en blind sektor rakt under fisken. Skalan i meter återfinns i plottets övre del och visar avståndet från fartyget i sidled, i detta fall styrbord och babord 50 m. Rutan i sonarplottet till vänster är en uppförstoring (2 ggr) av plottet. Den undre högra delen av bilden visar sonarplotten inlagda i kartan. Uppförstoringssnittet representeras av det rödgröna strecket i den högra transekten och ca 1/3 upp från nedre delen av bilden. Detta streck visar babord i den röda halvan och styrbord i den gröna. Denna typ av streck finns i alla sonarfigurerna nedan, men kan vara svår att hitta. Prova med att förstora texten till 500 % så brukar det gå att hitta var linjen går.



Figur 13 Troligt vrak av sjunken segelbåt med upprättstående mast som ger skugga åt höger (Lat 59°28,508' Long 17°55,664'). Båtens längd ca 5 m.

### *Block och stenar*

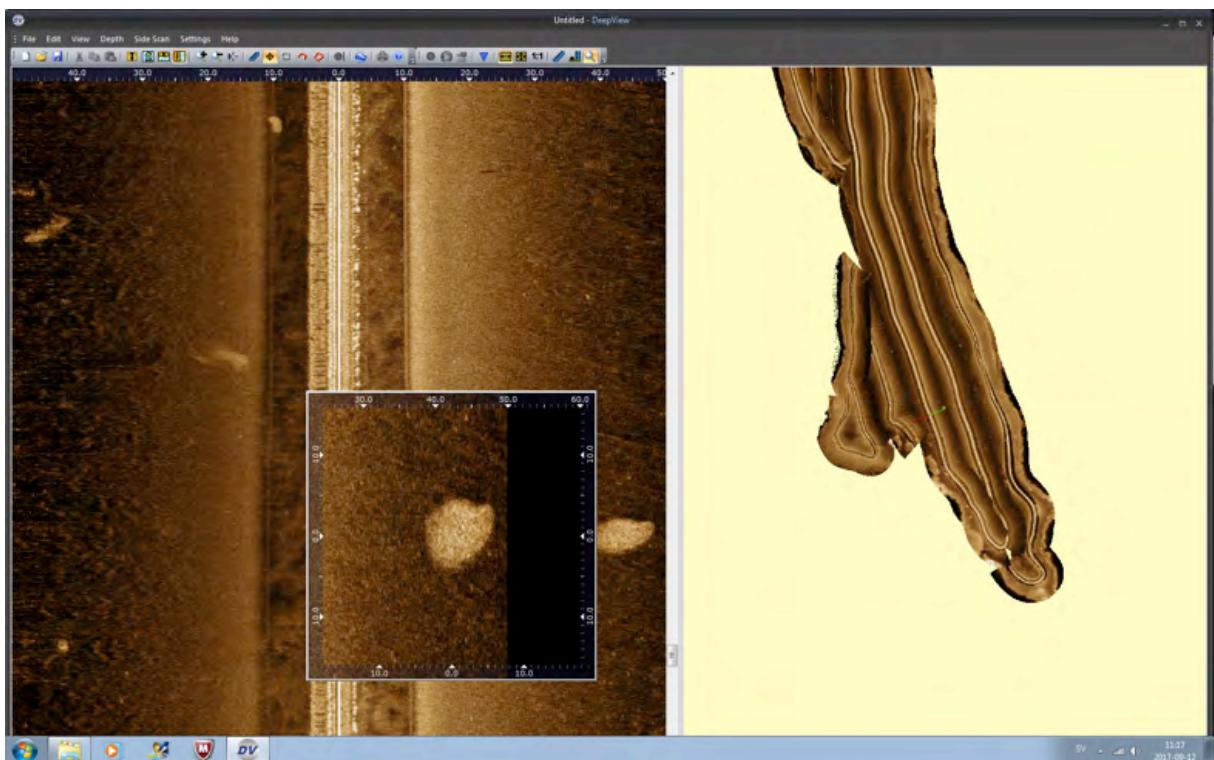


Figur 14 Stenblock (Lat 59°27,241' Long 17°56,295') mitt i den södra delen av Norrviken.





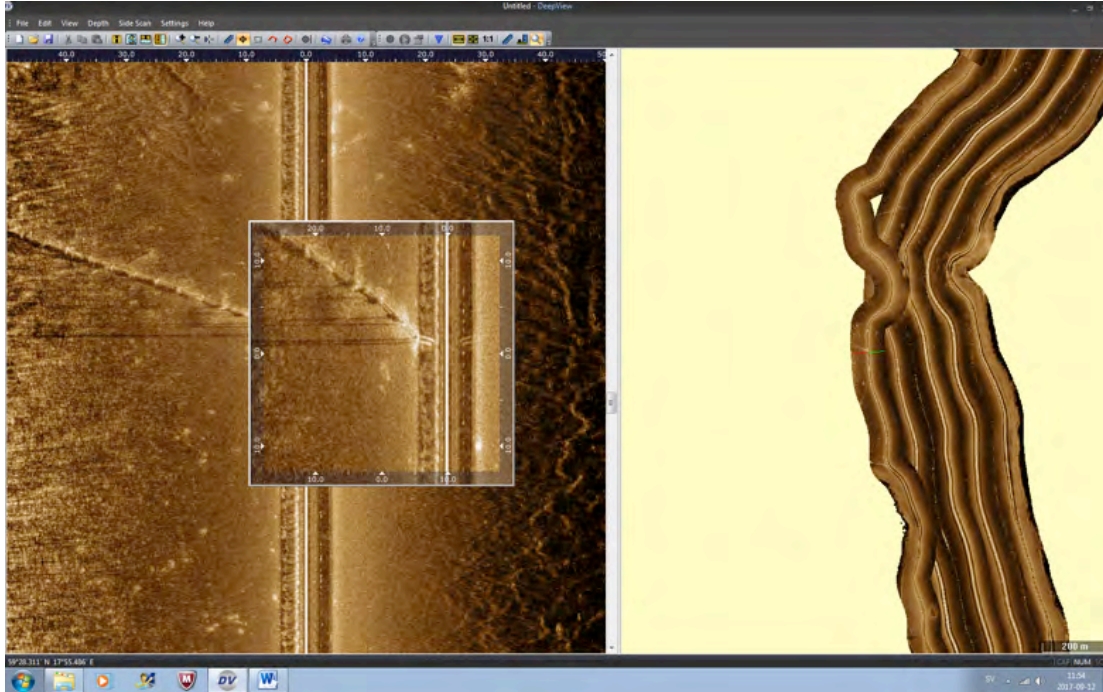
Figur 15 Stenblock längs den sydöstra stranden av Norrviken (Lat 59°27,513' Long 17°56,188').



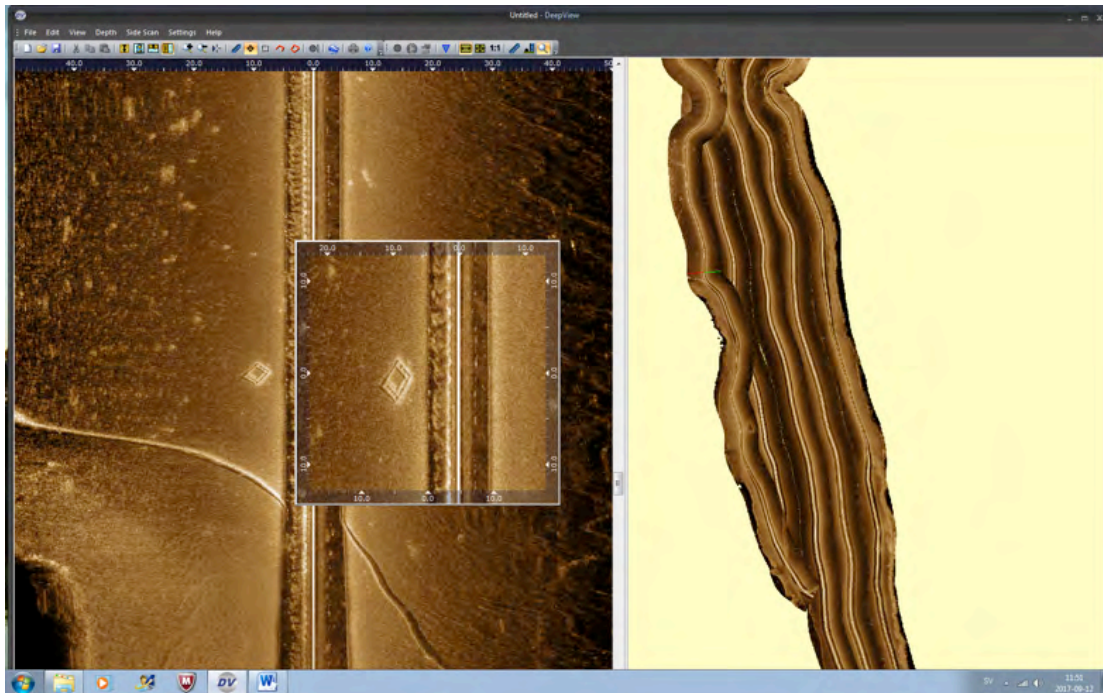
Figur 16 Stort stenblock (Lat 59°27,244' Long 17°56,202') nära den sydvästra stranden av Norrviken.

### Kablar och rör

I närheten av jästfabriken noterades en mycket tydlig rörledning som tycks vara utmärkt med någon form av bojsystem (Fig. 17). Detta indikeras av de många ekona av skuggor som går till vänster i bilden.

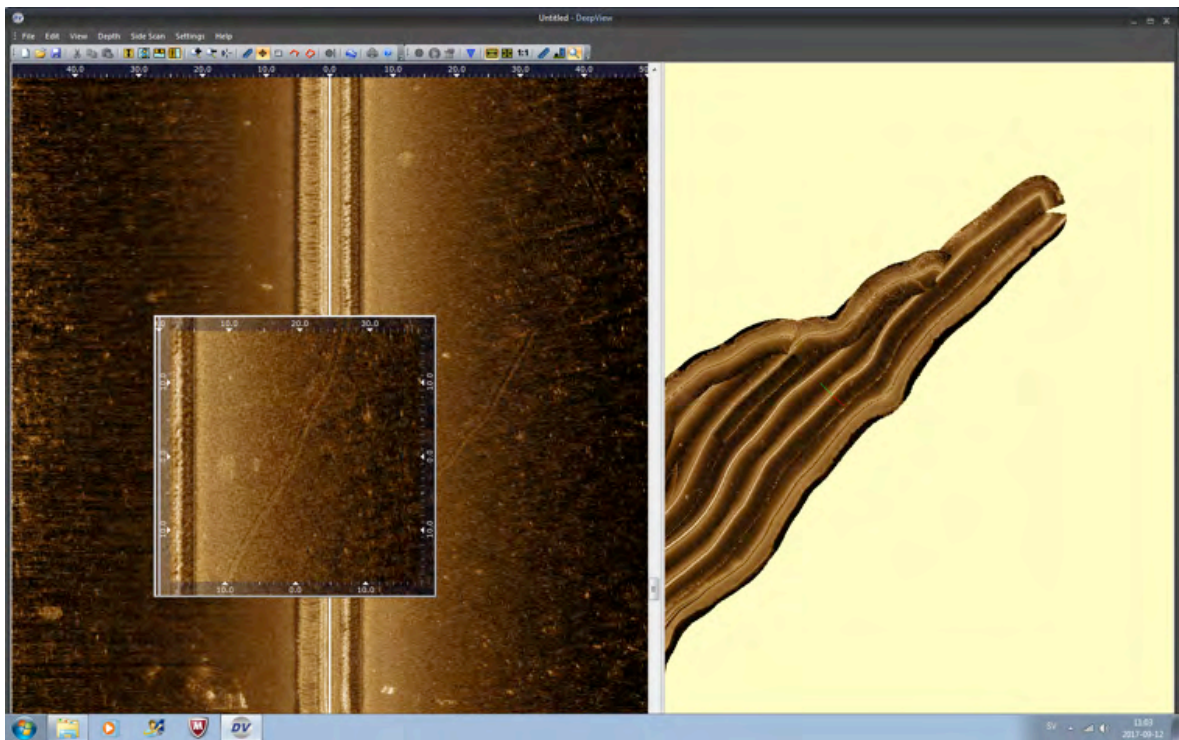


Figur 17 Rörledning utanför Jästfabriken (Lat 59°28,314' Long 17°55,484').

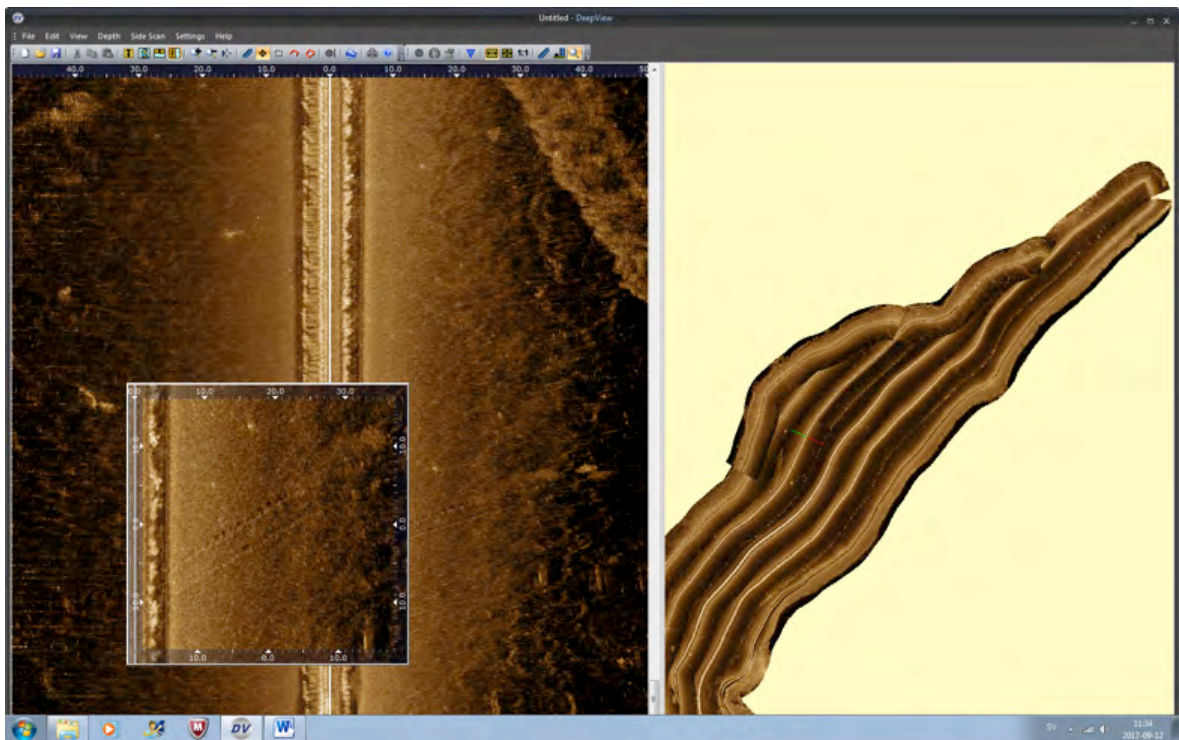


Figur 18 Rörledning alternativt kabel (Lat 59°28,125' Long 17°55,549') samt fyrkantig konstruktion (Lat 59°28,138' Long 17°55,547') på botten vid den sydvästra stranden söder om jästfabriken.

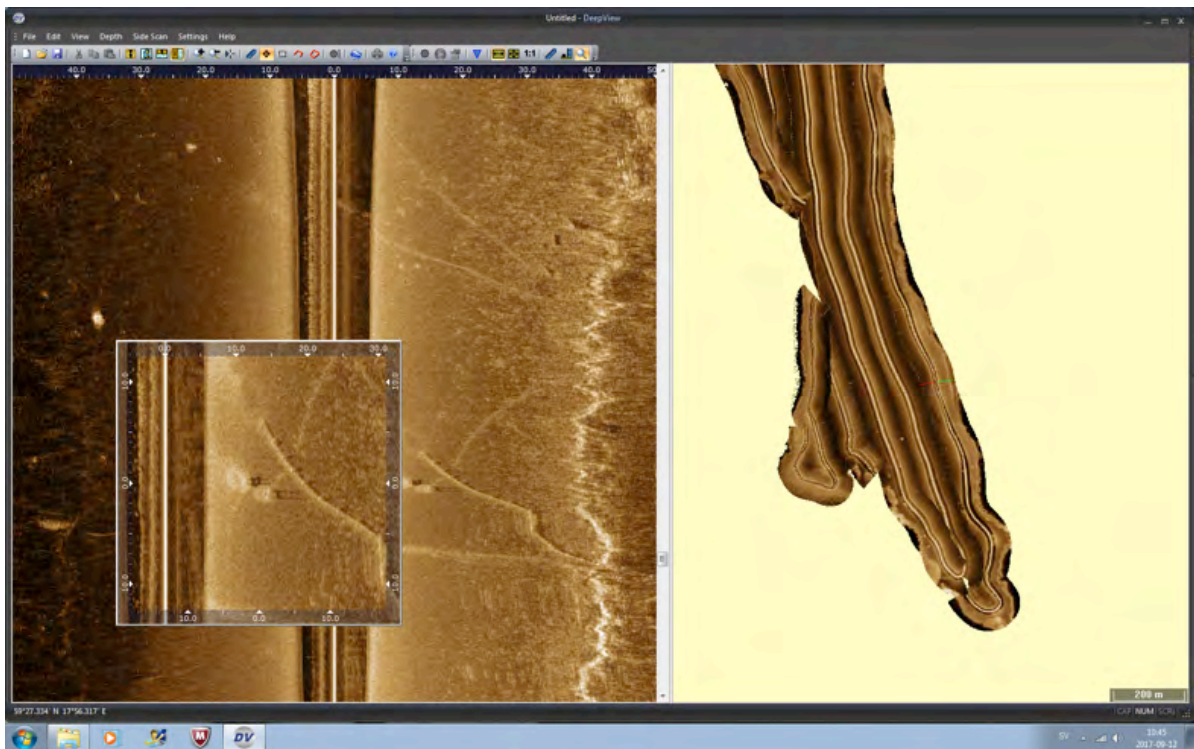




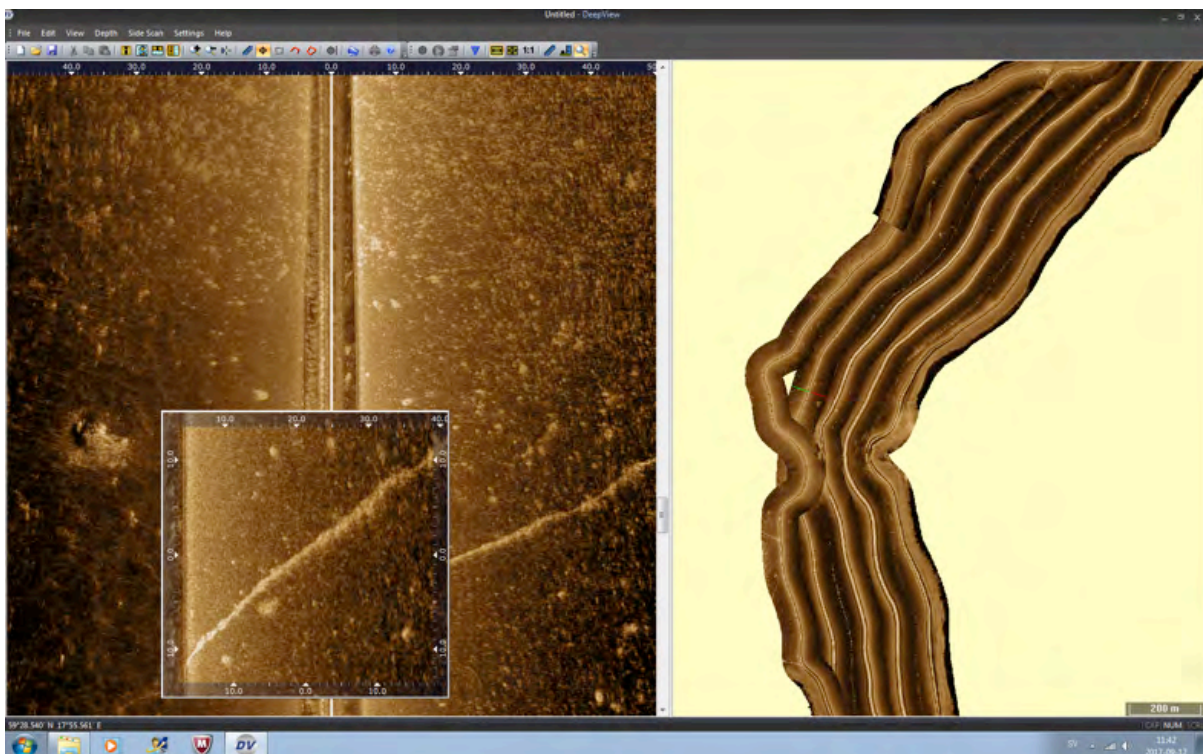
Figur 19 Svag markering av kabel eller rör (Lat 59°28,940' Long 17°56,406') i den norra delen av undersökningsområdet.



Figur 20 Oidentifierade parallella bottenmärken (Lat 59°28,848' Long 17°56,030') i den norra delen av undersökningsområdet.



Figur 21 Rör och/eller kablar vid den sydöstra stranden av sjön (Lat 59°27,332' Long 17°56,320').

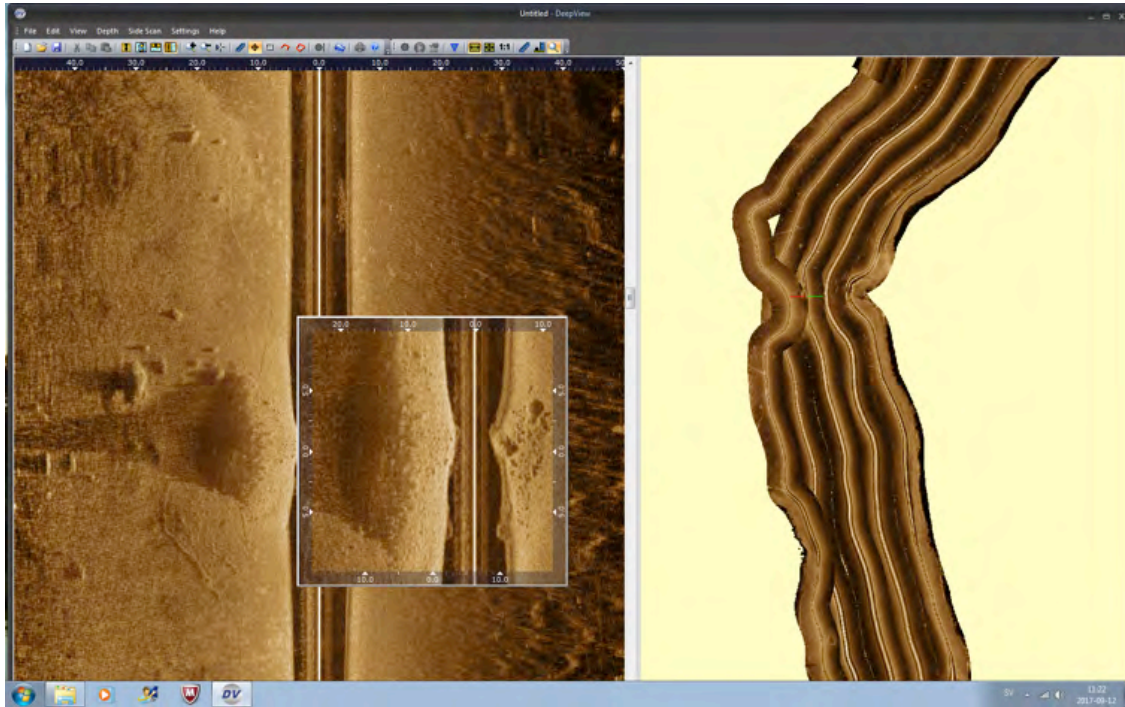


Figur 22 Rör alternativt kabel (Lat 59°28,519' Long 17°55,576') samt hård upphöjning (Lat 59°28,542' Long 17°55,609').

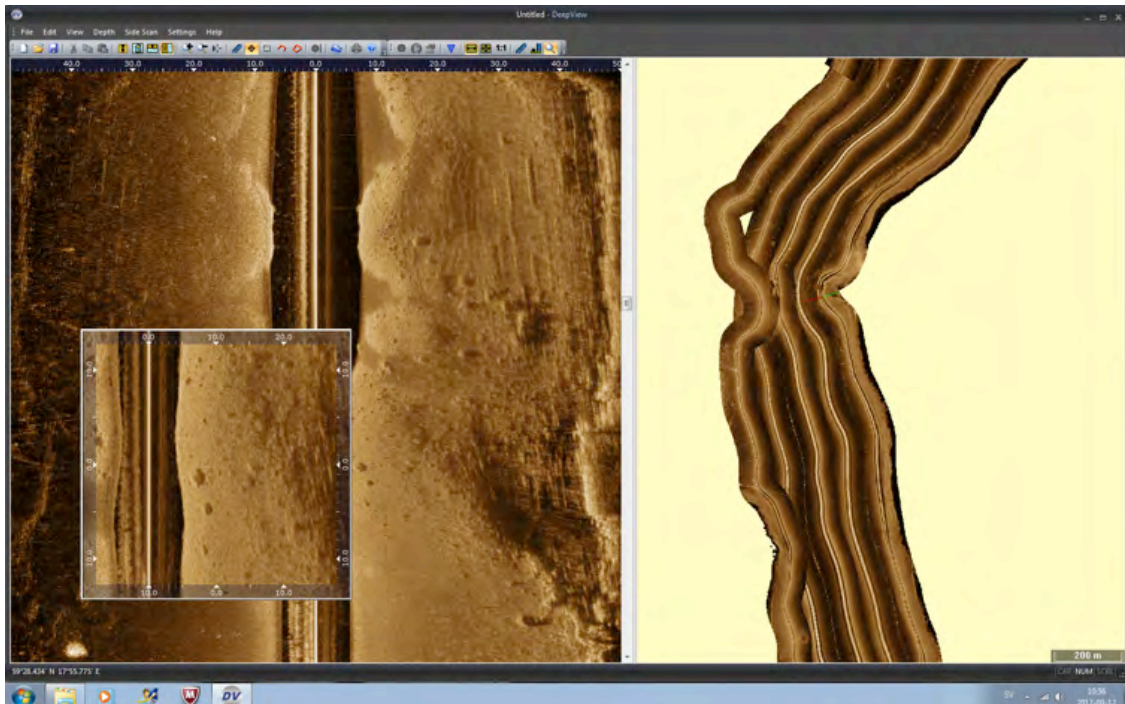


### Grunda och hårda partier

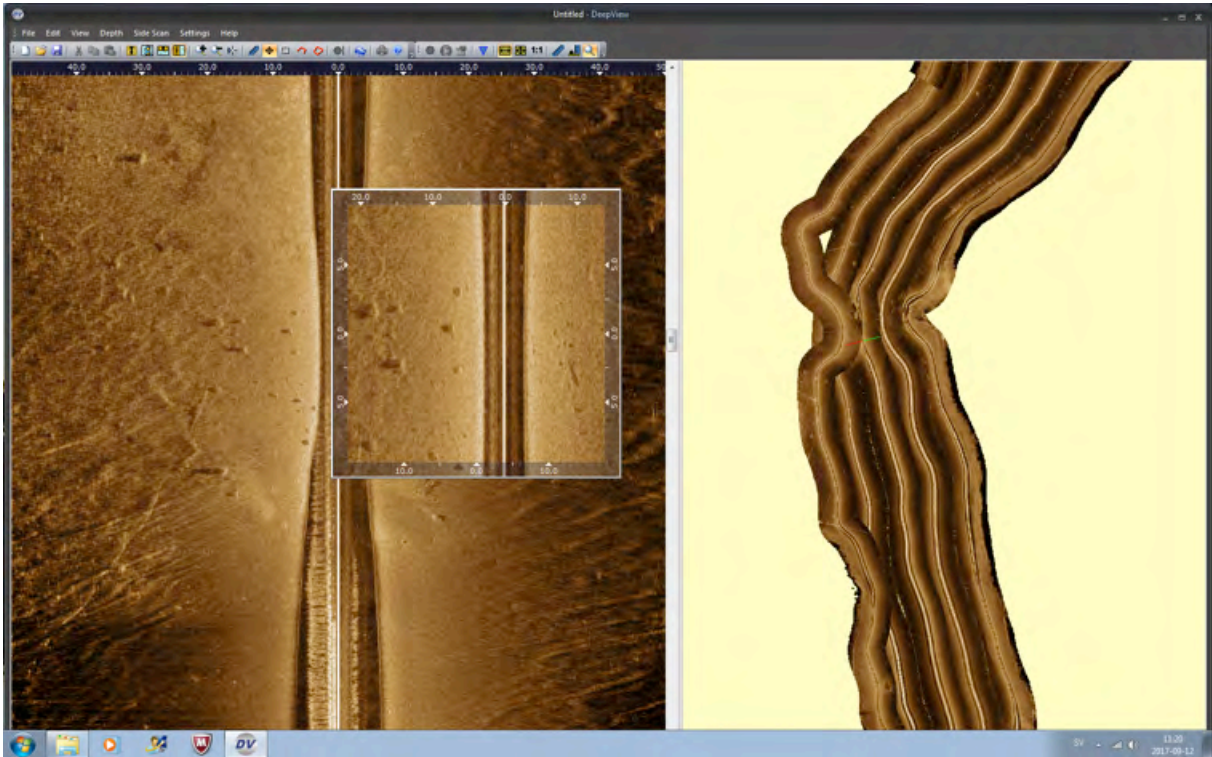
Grunda och hårda partier noterades på många ställen, men framförallt i det centrala området där sjön viker av åt nordost resp. sydost.



Figur 23 Grunt och hårt parti utanför jästfabriken (Lat 59°28,438' Long 17°55,631') på sjöns västra sida.

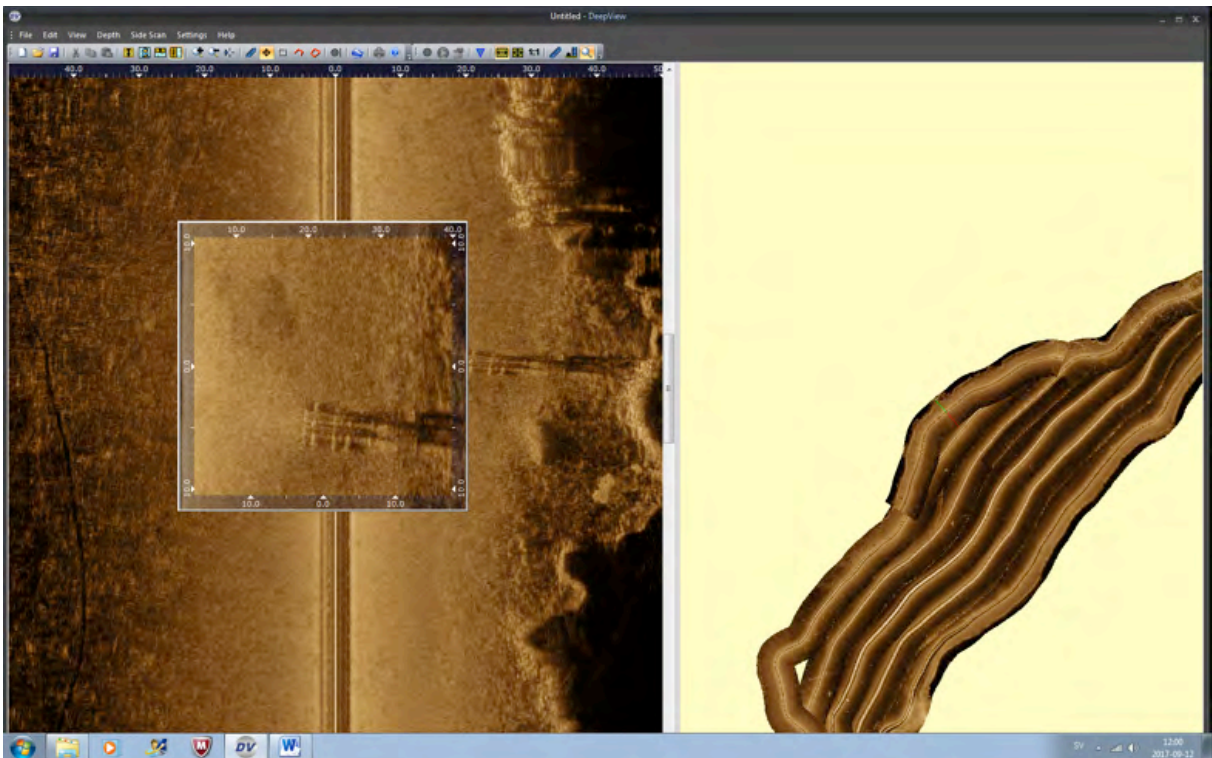


Figur 24 Grunt och hårt parti utanför jästfabriken på sjöns östra sida (Lat 59°28,435' Long 17°55,773').



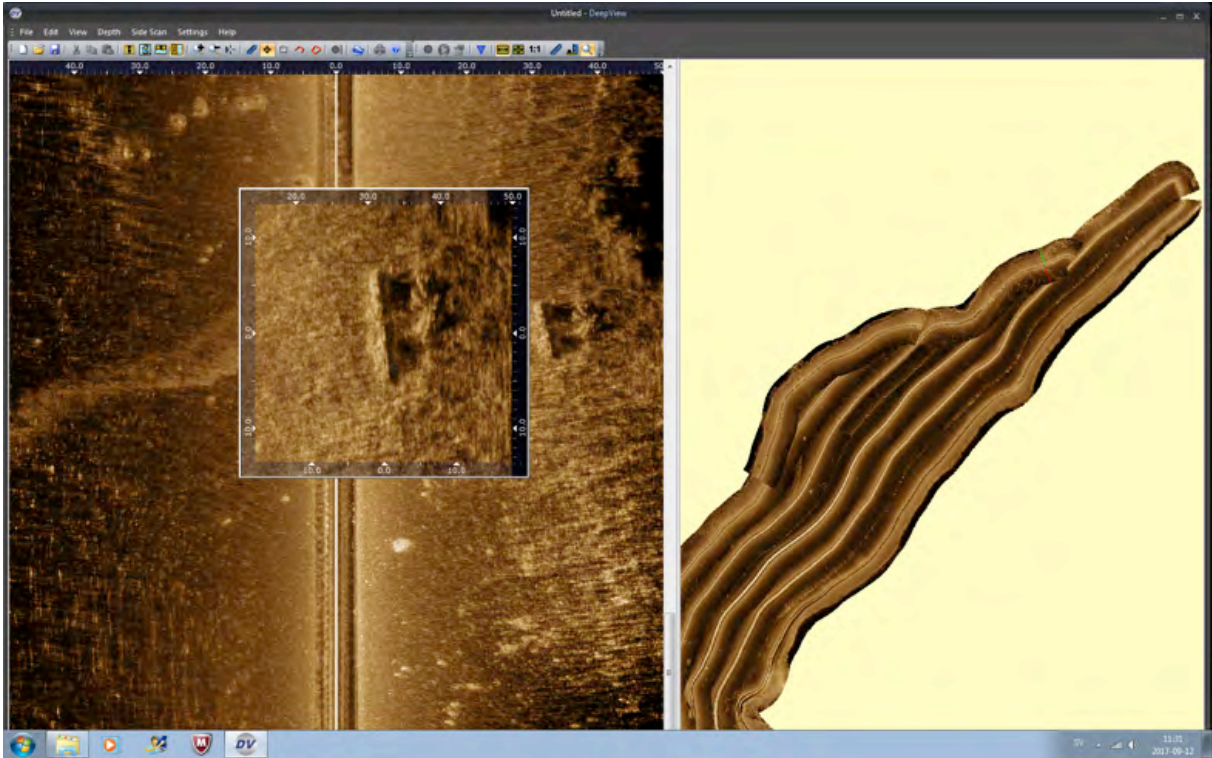
Figur 25 Mycket grunt parti utanför jästfabriken (Lat 59°28,401' Long 17°55,636').

*Bryggor*



Figur 26 Brygga (Lat 59°28,950' Long 17°55,936') i den nordvästra delen av sjön.

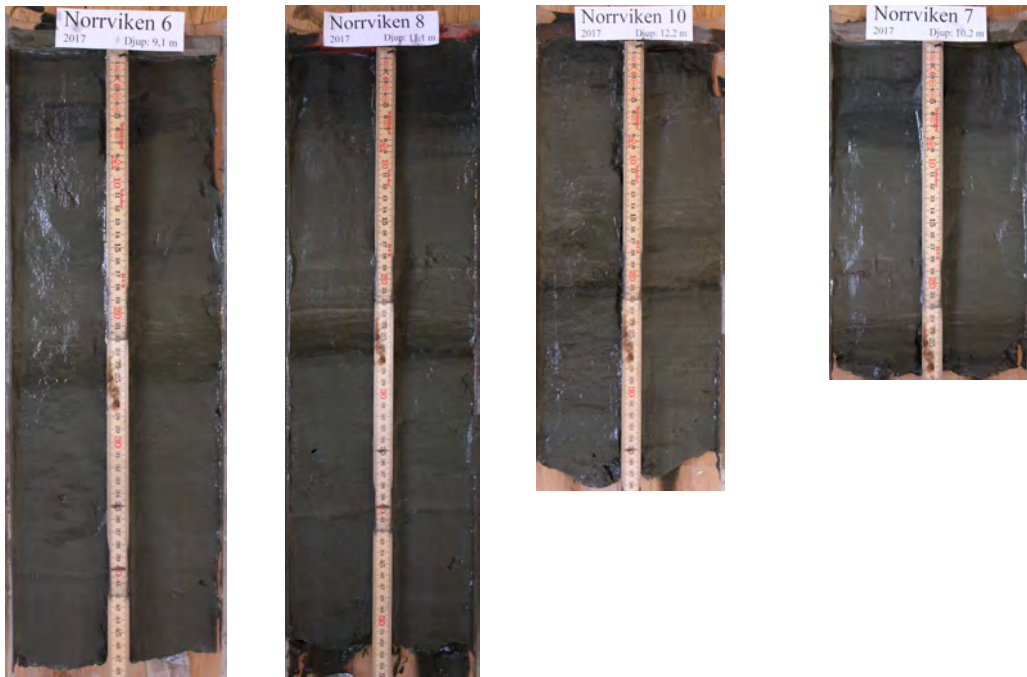




Figur 27 Brygga (Lat 59°29,130' Long 17°56,653') i den norra delen av sjön.

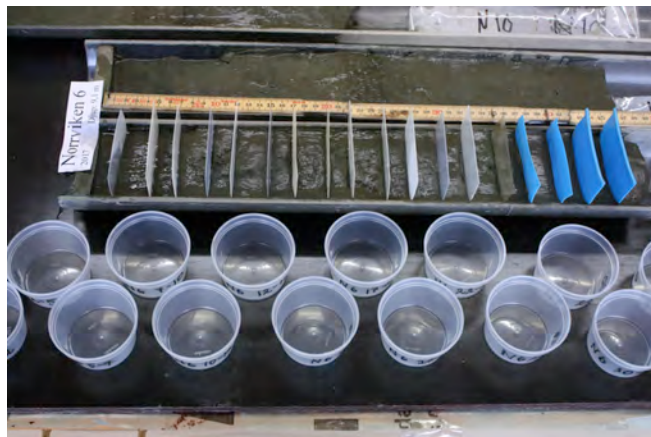
### 4.3 Sedimentkärnor

Samtliga kärnor snittades i laboratorium, dokumenterades i detalj samt fotograferades. Varje kärnas historik beskrevs utifrån synliga strukturer i kärnorna. I Figur 28 redovisas fyra kärnor från den södra och djupaste delen av Norrviken. Likartade strukturer uppträder i alla dessa kärnor. Ett påtagligt mörkare avsnitt med en mäktighet av ca 4 cm uppträder på mellan 18-22 och 23-27 centimeters djup från sedimentytan. Mer eller mindre tydliga lamineringar uppträder i dessa skikt och mäktigheten på varven är 3-5 mm. Allt talar för att dessa skikt är avsatta samtidigt, vilket leder till att med hjälp av dessa karaktäristiska lednivåer i sedimenten kan de olika sedimentkärnorna tidsmässigt kopplas samman.



Figur 28 Sedimentkärnorna N6, N7, N8 och N10 från sjöns södra och djupare delar.

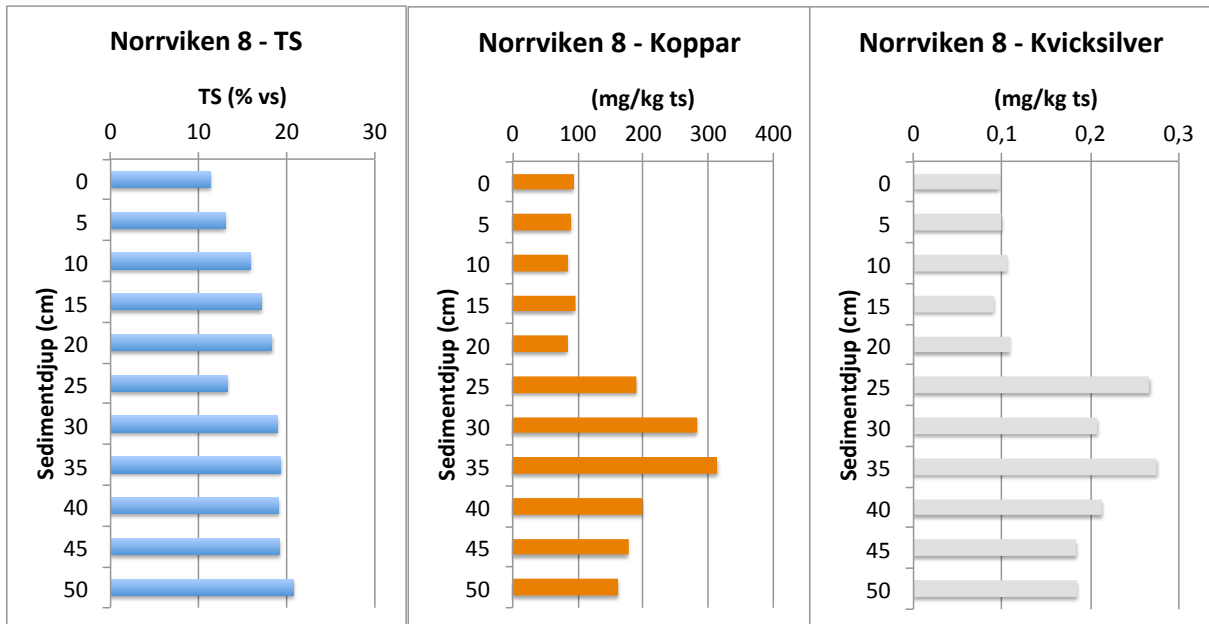
Sedimentkärnorna från N6, N8 och N10 snittades och prover uttogs för metallanalys (Fig. 29).



Figur 29 Snittning och provuttag från kärnan från station N6.

I den sedimentkärna som hittills analyserats med avseende på metaller (N8) noteras en påtaglig haltökning av främst koppar och kvicksilver (Fig. 30). De påtagligt förhöjda kopparhalter som uppmättes på 25-35 cm djup i N8 antas härröra från en kopparsulfat-behandling av Norrvikens sediment 1947. Torrsubstanshalten i kärnan från N8 minskar från 18 % på ca 30 cm djup till 11 % i ytsedimentet. Mäktigheten Kompaktionen (~ sammanpressningen) av sedimentet är sålunda ca 60 % lägre vid ytan än på 30 cm djup, vilket skulle innebära att sedimenttillväxten i ytskiktet kan uppskattas till 4-7 mm. Genomsnittligt i de

översta 30 cm är sålunda sedimentackumuleringen 4-6 mm/år, vilket på 30 cm skulle motsvara 60-75 år. Nivån 30 cm skulle enligt denna beräkning motsvara 1942-1957, vilket är i hygglig överensstämmelse med antagandet att koppartoppen i N8 motsvarar slutet på 1940-talet.



Figur 30 Torrsubstanshalt samt koppar- och kvicksilverhalter i kärnan från N8.

#### 4.4 Bottendynamiska förhållanden

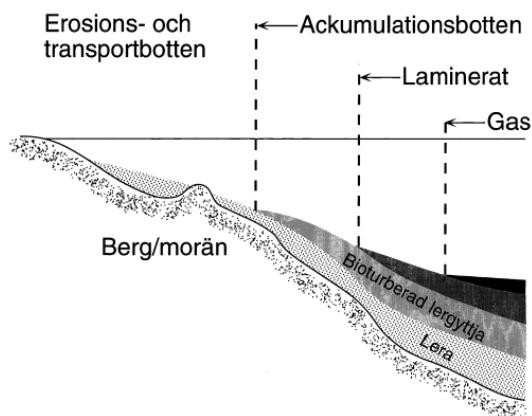
Omsättningen och depositionen av finmaterial i akvatiska miljöer är en av nyckelfaktorerna i ekologiska sammanhang eftersom finmaterialet har stor inverkan på såväl funktionen som karaktären hos ett akvatiskt ekosystem. Då man definierar fördelningen mellan olika bottentyper (=bottendynamiska förhållanden) utgår man från det mest lättrorliga finmaterialet (med partikelstorlek < 0,006 mm, eller medium silt), som också är viktigt i ekologiska sammanhang eftersom det generellt har stor förmåga att binda olika typer av föroreningar (Håkanson and Jansson, 1983). 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 bottentyper 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 vågorna 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 sjöar/fjärdar på endast någon eller några få meters djup. Spännvidden i djup är stor beroende på vattenområdets storlek och varierar från någon meter till 75-80 m i öppna exponerade lägen i Östersjön (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 mer verifierande insamlingar av sedimentkärnor från ett större 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. Metodiken för detta beskrivs i Håkanson and Jansson (1983), Håkanson et al. (1985) och Håkanson och Rosenberg (1985).

Oftast återfinns E-/T-bottnarna på mindre vattendjup än A-bottnarna. En vanlig lagerföljd kan se ut som i Figur 31 där de olika sedimenttyperna börjar uppträda på olika vattendjup. I en opåverkad sjö eller skärgårdsfjärd dominerar vanligen A-bottnarna av bioturberade lergyttjesediment. Om syrehalten vid botten längre eller kortare perioder underskridit 2-3 mg O<sub>2</sub>/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.

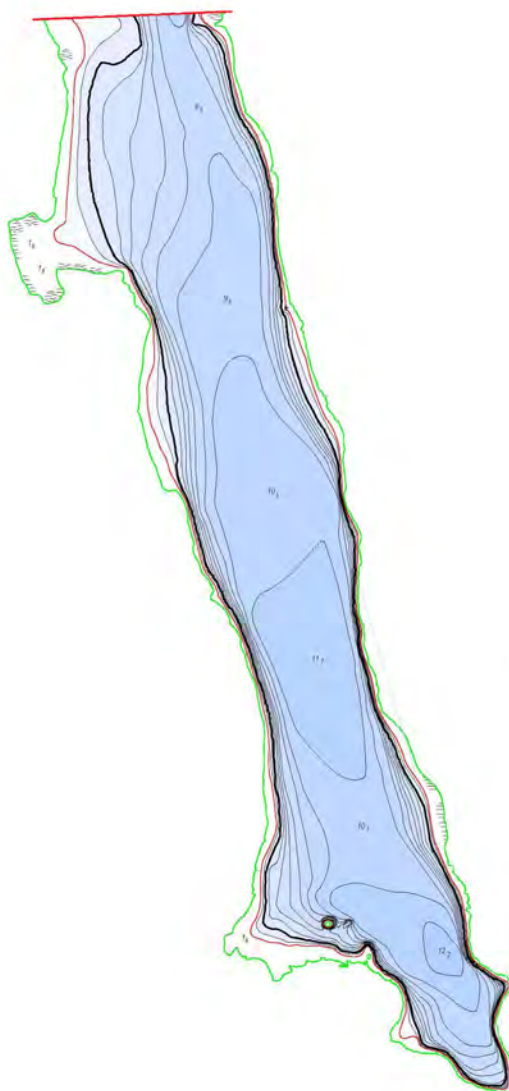


Figur 31 Principskiss över en recent lagerföljd från djupområde till strandzon.

I den norra delen av Norrviken noterades E/T-bottnar på 2,0 och 2,9 meters djup (N2 resp. N3) medan tydlig ackumulation konstaterades på 4,0 m vid station N1. Även i den södra delen av sjön tyder mjuka förhållanden i ytsedimenten utifrån sonarkarteringen på att gränsen mellan E/T- och A-bottnar går vid  $3 \pm 1$  m. I figur 32 har en bottendynamisk karta för den södra delen av Norrviken sammanställts. I kartan har gränsen mellan A- och E/T-bottnar satts vid ett vattendjup av 4 m. Även i den norra delen av sjön har A-bottengränsen satts vid 4 m (Fig. 33).

Norrvikens form, som karaktäriseras av en påtaglig vinkelskillnad mellan den norra och södra delen, medför dock att gränsen för ackumulation varierar påtagligt mellan sjöns olika delar. Som ovan beskrivits är den effektiva fetchen styrande för på vilket djup A-bottengränsen återfinns. Gränsen för ackumulation bör rimligen ligga grundast i de mittersta delarna av såväl

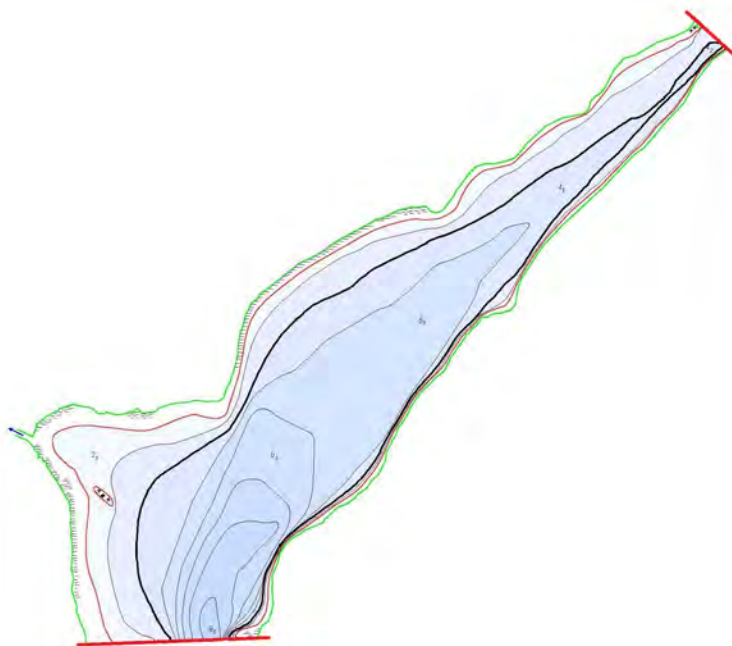
den norra som den södra delen av sjön, eftersom våghöjderna här är mindre än i sydändan, mitten och nordändan. Följaktligen torde gränsen för ackumulation ligga djupare i de nordligaste, sydligaste och centrala delarna av sjön som en följd av den större fetchen här.



Figur 32 Bottendynamisk karta för södra delen av Norrviken. Kartan är grundad på Myricas djupkarta från 2008 (Myrica AB 2008). **Grön linje** motsvarar strandlinjen och den **röda linjen** representerar 2 meters djup. Den kraftiga svarta linjen utgör gräns mellan E/T-bottnar och A-bottnar. Den röda raka linjen överst i figuren representerar avgränsning till den norra delen av sjön.

Vi har dock valt att i alla de undersökta delarna av sjön sätta en operativ gräns mellan ackumulation och erosion/transport till 4 m. Om man vill ha en mer detaljerad bild krävs ett större antal gradientstudier av botten typer i olika delar av sjön. Noggrannheten i denna bedömning torde dock vara tillfredsställande för en eventuell framtida aluminiumbehandling av sedimenten.





Figur 32 Bottendynamisk karta för norra delen av Norrviken. Kartan är grundad på Myricas djupkarta från 2008 (Myrica AB 2008). **Grön linje** motsvarar strandlinjen och den **röda linjen** representerar 2 meters djup. Den kraftiga svarta linjen utgör gräns mellan E/T-bottnar och A-bottnar. Den röda raka linjen nederst och överst i figuren representerar avgränsning till den södra delen av sjön respektive den nordligaste inte undersökta delen av Norrviken.

Utifrån föreliggande undersökning kan konstateras att sjöns sediment inte uppvisar särskilt tydliga tecken på övergödning. I Norrviken dominerar de oxiderade och bioturberade bottarna. Det är endast i de djupare delarna av den södra delen av sjön som laminering har noterats och då först på ett djup ned i sedimentpelaren av ca 30 cm, vilket antas motsvara 1940-50-talet. Inte heller har kraftigt gasrika sediment noterats i sjön.

Som en grund för slutsatserna i denna rapport finns ett betydande digitalt material i form av side scan sonar-filer och djupdatafiler. Materialet är rapporterat till uppdragsgivaren Sollentuna kommun och kan användas direkt i fält vid en eventuell framtida aluminiumbehandling av Norrviken. Den operatör som ska utföra behandlingen kommer att kunna ha nytta av underlaget för att undvika problem i samband med doseringen av sedimenten.



## REFERENSER

- Myrica AB, 2008. Djupmätning av Norrviken.
- 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 sid.
- Håkanson, L. och Rosenberg, R., 1985. Praktisk kustekologi. SNV PM 1987, ISBN 91-7590-183-8, 110 sid.
- Håkanson, L., Kulinski, I. och Kvarnäs, H., 1985. Vattendynamik och bottendynamik i kustzonen. SNV PM 1905, 228 sid.
- 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.
- 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.
- 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.
- Rydén, E., Jonsson, P., Karlsson, M. & Gustafsson, A., 2016. Läckagebenägen fosfor i Brunnsvikens sediment 2016 - Underlag för lokalt åtgärdsprogram. Naturvatten AB Rapport 2016:34, 45 sidor samt bilagor.
- Winterhalter, B., 1998. The Gemax corer for soft sediments, 9 sid. Geological Survey of Finland, Espoo. <http://www.kolumbus.fi/boris.winterhalter/GEMAX.pdf>

**APPENDIX 1****Protokoll och fotografier från sedimentprovtagning i Norrviken**

Positionsangivelser i WGS-84 (grader/minuter,decimal).

**Station N1**

Datum för provtagning: 3 maj 2017

Lat 59 29,129

Long 17 56,843

Vattendjup: 4,0 m

Fältkaraktäristik: Oxiderad yta. Överst brunaktig lergyttja successivt allt fastare och alltmer olivgrön. A-botten.



**Station N2**

Datum för provtagning: 3 maj 2017  
Lat 59 29,134  
Long 17 56,804  
Vattendjup: 2,0 m  
Fältkaraktäristik: Överst grovdetritus med vassrester, musselskal och levande mussla. Fingrusinslag E/T-botten.

**Station N3**

Datum för provtagning: 3 maj 2017  
Lat 59 29,104  
Long 17 56,576  
Vattendjup: 2,9 m  
Fältkaraktäristik: Överst recent material med musslor och musselskal. Därunder blågrå postglacial lera. E/T-botten.

**Station N4**

Datum för provtagning: 3 maj 2017

Lat 59 28,741

Long 17 55,968

Vattendjup: 6,1 m

Fältkaraktäristik: Oxiderad yta, allt fastare nedåt. A-botten.



**Station N5**

Datum för provtagning: 3 maj 2017

Lat 59 28,625

Long 17 55,834

Vattendjup: 8,0 m

Fältkaraktäristik: Oxiderad yta, allt fastare nedåt. A-botten.



**Station N6**

Datum för provtagning: 3 maj 2017

Lat 59 28,107

Long 17 55,769

Vattendjup: 9,1 m

Fältkaraktäristik: Oxiderad yta, allt fastare nedåt. A-botten.





**Station N7**

Datum för provtagning: 3 maj 2017

Lat 59 27,906

Long 17 55,822

Vattendjup: 10,2 m

Fältkaraktäristik: Oxiderad yta, allt fastare nedåt. A-botten.



**Station N8**

Datum för provtagning: 3 maj 2017

Lat 59 27,658

Long 17 55,924

Vattendjup: 11,1 m

Fältkaraktäristik: Oxiderad yta men mörkare skikt en bit ned. A-botten.



**Station N9**

Datum för provtagning: 3 maj 2017

Lat 59 27,481

Long 17 56,073

Vattendjup: 12,0 m

Fältkaraktäristik: Oxiderad yta men mörkare skikt en bit ned. A-botten.





**Station N10**

Datum för provtagning: 3 maj 2017

Lat 59 27,131

Long 17 56,376

Vattendjup: 12,2 m

Fältkaraktäristik: Oxiderad yta men mörkare skikt en bit ned. A-botten.

