



Havs
och Vatten
myndigheten

SOLENTUNA
KOMMUN



Upplands Väsby
kommun



Länsstyrelsen
Stockholm

Slutredovisning av delprojekt C13, bottenbehandling av sjön Norrviken för att minska internbelastningen av fosfor.

Resultatrapport (inklusive leverabeln "final evaluation report", bilaga 1)

Delprojekt: C13

Sollentuna kommun, Towe Holmborn

Upplands Väsby kommun, Louise Andersson

Länsstyrelsen i Stockholms län, Joakim Pansar och Jonas Hagström



Ansvar för innehållet i denna rapport ligger helt hos författarna.
Innehållet återspeglar inte Europeiska unionens hållning.

Titel:

Författare: Louise Andersson och Towe Holmborn

Kartmaterial: Projektet

Omslagsbild: Norrviken under behandling juni 2020

Foto: Författarna

Innehåll

Summary in English	3
1 Sammanfattning	5
1.1 Om projektet	5
1.2 Bakgrund	5
1.3 Resultat	6
1.4 Användningsområden för resultaten	7
2 Genomförande	8
2.1 Projektorganisation	8
2.2 Steg 1: Förberedande undersökningar till grund för projektansökan	8
2.3 Steg 2: Förberedelser inför behandling	9
2.4 Steg 3: Behandling.....	11
2.5 Budget och finansiering.....	13
2.6 Viktiga lärdomar	13
3 Uppföljning och utvärdering	15
3.1 Uppföljning av effekter i miljön	15
3.2 Uppföljning av projektets bidrag till kapacitetsutveckling, socioekonomiska effekter och ekosystemtjänster.....	15
3.3 Dokumentation och dataförvaring	16
4 Resultat	17
4.1 Effekter i miljön	17
4.1.1 Projektets bidrag till genomförandet av förvaltningsplanen för Norra Östersjöns vattendistrikt.....	21
4.2 Effekter på ökad kunskap, kapacitet	21
4.2.1 Stimulera och inspirera till fler åtgärder	21
4.3 Effekter samverkan och nätverk.....	21
4.4 Socioekonomiska effekter	22
4.5 Ekosystemtjänster.....	24
4.6 Nyttor för partners	24
4.7 Ringar på vattnet.....	25
5 Kommunikation och resultatspridning	26
5.1 Kommunikationsstrategi.....	26
5.1.1 Intern kommunikation (inom respektive kommun)	26
5.1.2 Extern kommunikation (mellan partners och andra berörda/intresserade) .	26
5.2 Kommunikationsaktiviteter	26
5.3 Resultat av kommunikationsaktiviteter	28
5.4 Lärdomar från kommunikationsarbetet.....	28
6 Fortsättning/After-LIFE	30
7 Referenser	31

Bilagor

Bilaga 1	Aluminiumbehandling av Norrviken för att minska övergödningen – effekter på sjöns miljötillstånd (Utvärderingsrapport från miljöövervakningen, Calluna AB, utgör leverabeln ”final evaluation report”).
Bilaga 2	Anmälan för samråd enligt 12 kap. 6 § miljöbalken för övriga verksamheter.

- Bilaga 3 Kartering och verifierande sedimentprovtagning i Norrviken inom LIFE IP Rich Waters (JP Sedimentkonsult HB).
- Bilaga 4 Modelleringsav aluminiumbehandling av sjön Norrviken i Sollentuna och Upplands Väsby kommuner (Sjörestaurering).
- Bilaga 5 Kontrollprogram för LIFE IP Rich Waters action C13 – Bottenbehandling av Norrviken.
- Bilaga 6a Upphandlingsdokument behandlingen: Inkommet anbud.
- Bilaga 6b Upphandlingsdokument behandlingen: Signerat avtal.
- Bilaga 7 Produktspecifikation för Ekoflock 96.
- Bilaga 8 Erfarenhetsåterföring av bottenbehandling i Norrviken (PM) – minnesanteckningar från kunskapsutbyte med Norrtälje och Södertälje kommuner.

Summary in English

In subproject C13 (named “Stopping internal phosphorus leaking – a full lake treatment”) within LIFE IP Rich Waters we set out to remediate the internal load of lake Norrviken through an injection of aluminium chloride in the lakes’ sediment. The project was mainly run by the municipalities of Upplands Väsby and Sollentuna. The County Administrative Board of Stockholm was also part of the project group.

At the start of the project, a so-called 12: 6 consultation was carried out when a notification for the aluminum treatment was sent to the County Administrative Board. As part of the consultation, an information meeting was also held for the public in Sollentuna. The meeting was well attended with about 100 participants.

Prior to the treatment, supplementary studies were also carried out regarding the copper content in the sediments (from previous copper sulphate treatment), modeling of the effects of different methods, and a side scan sonar. Everything to prepare us for setting requirements when procuring the contract itself.

During the period 1 April to 8 July 2020, Norrviken was treated. During the treatment, 936.33 tonnes of polyaluminum chloride solution (i.e. about 90 tonnes of aluminum) were added to the (soft) bottoms deeper than 4 meters in Sollentuna municipality. The treatment was carried out with the harrowing method, which meant that the top 20 cm of the sediments were treated.

To follow up the effects of the treatment on the lake, an environmental monitoring program was carried out before, during and after the treatment. The results show that the treatment reduced the amount of nutrients in the water. The phytoplankton biomass and the proportion of cyanobacteria in it have also decreased after the treatment (though not so markedly). The water has become clearer and we are seeing an increased deep spread of macrophytes. We saw no clear indications of changes in the zooplankton society or the fish society, nor regarding the environmental toxin content of perch. For the benthic fauna, we saw a deteriorating status after the treatment. However, the final effects of zooplankton, fish and benthic fauna are considered to require more time to provide a clearer outcome. Continued environmental monitoring is required.

The project is perceived to have led to both an increased knowledge of existing eutrophication problems as well as an increased acceptance of the treatment method and the positive effect on the environment to which it contributes.

Through the project, a better collaboration with other participating partners in LIFE IP Rich Waters has been established. Above all, new contact paths have been opened up and the conversation has become more transparent and open, which has contributed to a greater understanding of the mandates and decision-making paths of various actors involved.

The socio-economic effects of the project are many. The project has created new jobs and business opportunities and led to the establishment of networks and the development of local capacity. The knowledge and competence has increased widely and we see some spreading effects of the project. The project will also be able to influence property prices in the area and improve the citizens' health and well-being since the recreational experience around the lake is improved.

The project has also had effects on several ecosystem services. Primary production has decreased in the water column while the habitat for benthic macrophytes has increased. Sediment retention has also increased. Recreational experiences and aesthetic values have improved and science and education have increased as a result of the project.

The project's partners have identified several benefits, both financial and in terms of knowledge and PR, as a result of the project. The project has, and will in the future, be able to function as a model for other municipalities that are about to carry out similar work.

1 Sammanfattning

1.1 Om projektet

Huvudprojekt: Life IP Rich Waters

Delprojektets namn: Stopping internal phosphorus leaking – a full lake treatment

Projektkod: C13

Startdatum: 2017-01-01

Slutdatum: 2022-06-30

Partners: Sollentuna kommun
Upplands Väsby kommun
Länsstyrelsen i Stockholms län

Delprojektets mål: Genomföra en fosforbehandling av Norrviken för att stoppa internbelastningen i sjön samt utvärdera möjliga negativa effekter på miljögifter i fisk.

Förväntade resultat:

- Reducerad fosforhalt i vattenmassan.
- Norrvikens statusklassning går från otillfredsställande till god eller hög, baserat på flera biologiska och vattenkemiska parametrar.
- Minskad algblomning och klarare vatten.

1.2 Bakgrund

I Norrviken, liksom i många andra sjöar i landet, finns det för mycket fosfor i sedimenten vilket bland annat leder till en hög produktion av mikroskopiska alger. När den höga produktionen dör och ska brytas ner på sjöbotten så förbrukas syre. Syrebristen leder till att fosfor frigörs på nytt och en dålig spiral med en så kallad intern övergödning har därmed startat.

I arbetet med att nå kraven inom EUs ramdirektiv för vatten och Sveriges vattenförvaltning om god ekologisk status 2027 togs en metodbeskrivning fram för åtgärdsinriktat arbete inom vattenförvaltningen med Norrviken som modell. Projektet visade att åtgärder av den betydande internbelastningen (29 %) är ett stort och viktigt steg på vägen att nå miljökvalitetsnormen god ekologisk status.

Övergödning, och däribland intern övergödning/internbelastning påverkar vattenkvaliteten negativt och det kan ta mer än hundra år för sjöar att återhämta sig utan åtgärder för att minska internbelastning. För att varaktigt minska internbelastningen föreslogs, som ett rimligt alternativ, genomförande av en aluminiumbehandling, en metod som ger ökad fosforbindande förmåga i sedimenten. Fastläggningen sker genom att de naturliga processerna att binda fosfor i sjöbotten förstärks genom en applicering av aluminiumklorid från en båt.

Metoden är väl beprövad och kostnadseffektiv. Aluminiumklorid används även vid rening vid dricksvattenframställning.

1.3 Resultat

För att följa upp behandlingens effekter på sjön genomfördes ett miljöövervakningsprogram före, under och efter behandlingen. Resultaten visar att behandlingen minskat mängden näringsämnen i vattnet. Även växtplanktonbiomassan och andelen cyanobakterier i den samma har minskat efter behandlingen (dock inte så markant). Vattnet har blivit klarare och vi ser en ökad djuputbredning av makrofyter. Vi såg inga tydliga indikationer på förändringar i djurplanktonsamhället eller fisksamhället och ej heller gällande miljögiftsinnehållet i abborre. För bottenfaunan såg vi en försämrade status efter behandlingen vilket sannolikt kan förklaras av den försämrade syresituationen på botten. Då syresituationen bedöms kunna förbättras över tid (nu när mindre mängd biomassa behöver brytas ner på botten) är det troligt att även bottenfaunan återhämtar sig eller förbättras över tid. Slutgiltiga effekter hos djurplankton, fisk och bottenfauna bedöms kunna kräva mer tid för att ge ett tydligare utfall. Fortsatt miljöövervakning krävs.

Projektet upplevs ha lett till både en ökad kunskap om förekommande övergödningens problematik samt en ökad acceptans för behandlingsmetoden och den positiva effekt på miljön som den bidrar till.

Genom projektet har ett bättre samarbete med övriga ingående partners i LIFE IP Rich Waters etablerats. Framförallt har nya kontaktvägar öppnats upp och samtalet har blivit mer transparent och öppet, vilket har bidragit till en större förståelse för olika ingående aktörers mandat och beslutsvägar.

De socioekonomiska effekterna av projektet är många. Projektet har skapat nya arbetstillfällen och affärsmöjligheter samt lett till etablering av nätverk och utveckling av lokal kapacitet. Kunskapen och kompetensen har ökat brett och vi ser vissa spridningseffekter av projektet. Projektet kommer även kunna påverka fastighetspriserna i området och förbättra medborgarnas hälsa och välmående så rekreationsupplevelsen förbättrats runt sjön.

Projektet har även gett effekter på flera ekosystemtjänster. Primärproduktionen har minskat i vattenmassan samtidigt som livsmiljön för bottenlevande makrofyter ökat. Även sedimentkvarhållningen har ökat. Rekreationsupplevelser och estetiska värden har förbättrats och vetenskap och utbildning har ökat till följd av projektet.

Projektets partners har identifierat flera nyttor, såväl ekonomiska som kunskapsmässiga och PR-mässiga, till följd av projektet.

1.4 Användningsområden för resultaten

Lärdomarna och resultaten från projektet utgör viktig kunskap som kan nyttjas av andra kommuner och myndigheter som behöver hantera internbelastning i sjöar och kustvatten i andra delar av landet. Lärdomarna och våra metodbeskrivningar kan ligga till grund för projektplanering och bidra till att effektivisera åtgärdsarbetet.

2 Genomförande

2.1 Projektorganisation

Projektet drevs i huvudsak av kommunerna Upplands Väsby och Sollentuna. Länsstyrelsen ingick i projektgruppen och stöttade med kunskap kring miljöövervakningen samt provtagning och analys i Norrvikens in- och utlopp.

De respektive kommunerna upprättade interna projektgrupper utifrån gällande nämndansvar och tillsåg att samtlig kompetens kunde avsättas till projektet. Samtliga upphandlingar genomfördes tillsammans men i vissa upphandlingar ansvarade den ena kommunen för upphandling och konsultstyrning medan kostnader totalt sett delades mellan kommunerna. Avtal som reglerade upphandlingsansvar och kostnadsfördelning upprättades mellan kommunerna i ett tidigt skede.

Många löpande ansvarsfrågor och arbetsfördelningsfrågor hanterades när de uppstod. Med god kommunikation, hög transparens och välvilja mellan projektpartners var det lätt att enas om lämpliga lösningar gällande samtliga frågeställningar. Smidighet och projekteffektivitet låg i fokus för båda kommunerna.

2.2 Steg 1: Förberedande undersökningar till grund för projektansökan

Innan en ansökan skickades in togs ett antal förberedande undersökningar fram där det studerades hur Norrviken skulle uppnå god ekologisk status till år 2021 (den då gällande miljö kvalitetsnormen; Naturvatten i Roslagen AB och Ekologigruppen AB 2011). Inom det arbetet beskrevs vad som krävs för att nå god status i Norrviken. Utredningen visade att åtgärder mot den betydande internbelastningen (29 %) var ett stort och viktigt steg på vägen att nå miljö kvalitetsnormen god ekologisk status. För att varaktigt minska internbelastningen föreslogs genomförande av en aluminiumbehandling.

Vidare studerades internbelastningens omfattning (Naturvatten i Roslagen AB 2013) och variationer inom sjön på olika djup (Naturvatten i Roslagen AB 2016a). I den senare undersökningen genomfördes utläckageförsök från Norrvikens sediment under kontrollerade laboratorieförhållanden. Utläckageförsöket visade att en behandling med aluminium kraftigt minskar internbelastningen i Norrviken. Den största effekten sågs dock vid behandling av de djupare bottenarna i sjön. Försöket gav inte stöd för att aluminiumbehandling skulle vara en lämplig åtgärds metod för sjöns norra grundområde.

Inför projektansökan till EU genomfördes en litteraturstudie (Naturvatten i Roslagen AB 2016 b). Syftet med studien var att utreda lämplig metod för att hantera internbelastningen i Norrviken. I litteraturstudien sammanställdes kunskap

om olika metoder för åtgärder av intern näringsämnesbelastning. I rapporten diskuterades också om och hur åtgärder mot övergödning kan tänkas påverka halter av miljögifter i vatten, växter och djur med fokus på konsekvenser av aluminiumbehandling. Åtskilliga sjörestaureringsmetoder finns för att åtgärda intern fosforbelastning i sjöar. För Norrviken konstaterade man att en sedimentbehandling med en aluminiumkloridlösning skulle vara en lämplig metod som kunde förväntas ge goda resultat, vara kostnadseffektiv, ha kort genomförandetid och mycket god genomförbarhet. Metoden ansågs även vara säker och välbeprövad.

Av förstudierna framgick det att framgångsrika åtgärder mot övergödning kan medföra att miljögiftshalterna ökar i växter och djur eftersom mängden miljögift i ekosystemet fördelas över en mindre biomassa. En sådan bi-effekt ansågs vara tänkbar i Norrviken där halterna av vissa miljögifter i fisk redan överskrid fastställda gränsvärden.

2.3 Steg 2: Förberedelser inför behandling

Med de förberedande undersökningarna som grund skickades en projektansökan in till EU tillsammans med övriga projekt inom LIFE IP Rich Waters. Projektansökan godtogs och projektet med att genomföra en aluminiumbehandling kunde påbörjas under år 2017.

Vid projektstart genomfördes ett så kallat 12:6-samråd då en anmälan för aluminiumbehandlingen skickades in till länsstyrelsen (se bilaga 2). Länsstyrelsen tittade då på hur verksamheten kommer att påverka naturmiljön. Det kan t.ex. innebära att titta på om det finns några hotade eller hänsynskrävande arter, markförhållanden, om området är planerat att skyddas på något sätt, landskapsbilden mm. Dessutom granskas ärendet utifrån kulturmiljöintressen (t.ex. fornlämningar).

Som en del av samrådet hölls även en informationsträff för allmänheten på Scandic hotell i Sollentuna. Mötet var välbesökt med cirka 100 deltagare. På deltagarlistan var medborgare, intresseorganisationer, kommuner och myndigheter representerade. Under mötet fanns både projektdeltagare och experter med för att presentera projektet och svara på de frågor som fanns.

Någon månad in i projektet, vid en genomgång av gamla kommunala dokument, hittade Sollentuna information om att sjön Norrvikens behandlats med höga halter kopparsulfat i mitten av 1900-talet i ett försök att komma till bukt med övergödningens problematiken. Kopparsulfat användes eftersom koppar verkar toxiskt på organismer (tex algbloomingar). Vid aluminiumbehandling genom nedhävning av aluminiumklorid i sedimenten såg projektgruppen en risk att koppar som begravs i sedimenten skulle kunna virvlas upp och bli tillgängligt i näringsväven igen. Detta skulle även innebära att miljökvalitetsnormerna (MKN)

avseende koppar inte skulle nås även om behandlingen skulle öka chanserna att nå MKN för många andra parametrar. För att ta reda på vilka kopparhalter som fanns i sedimenten samt på vilket djup kopparn fanns analyserades några sedimentkärnor från djuphålorna samtidigt som en sonarkartering av botten genomfördes (bilaga 3). Undersökningarna konstaterade att kopparhalterna var mycket höga men också djupt begravda i sedimenten. Vid en behandling i de översta 20 cm bedömdes inte den koppar som fanns i de djupare sedimenten kunna virvlas upp. Experter kontaktades och det konstaterades även att även om koppar skulle virvlas upp skulle den rimligtvis snabbt sedimentera ner igen och inte lösa sig i vattenmassan. Kopparproblematiken ansågs i och med detta tillräckligt utredd och den ansågs inte utgöra ett hinder för att gå vidare med planerna på behandling. Sonarkarteringen med kompletterande sedimentundersökning var även viktig för att kartlägga sjöns sedimenttyper och sjöns topografi, detta för att kunna upprätta behandlingskartor.

I ett inledande skede av projektet hölls ett seminarium med samtliga delprojekt inom fokusområdet internbelastning där även referenspersoner bjudits in för att ta del av de olika ingående projekten. En referensperson från Danmark, med lång erfarenhet av sjörestaurering inklusive aluminiumbehandling, informerade då om att olika sjöar lämpar sig olika bra för fällning i vattenfas. Vissa sjöar där pH och alkalinitet är för lågt eller för högt kan medföra att aluminiumet antar en toxisk form. Den mest toxiska formen fås i vatten med lågt pH och låg buffertkapacitet. Vidare framgick det att sjöns morfometri även avgör om behandling i vattenfas respektive sediment är att föredra. Det framgick att det i grunda vatten där vindpåverkan är stor är mer lämpligt med bottenbehandling eftersom flocken annars riskerar att flytta på sig medan djupa sjöar lika väl kan behandlas i vattenfasen under lugna väderförhållanden. På seminariet framgick det även att vattenbehandling är betydligt billigare än en behandling i sediment samt att fler entreprenörer finns att tillgå. Då Norrviken är en relativt djup sprickdalsjö med relativt högt pH och hög alkalinitet ledde denna information till att öppna upp för möjligheten att behandla sjön i vattenfasen istället för i sedimenten. En konsult anlätades för att modellera toxiciteten, fastslå doseringsmängder och utgöra bollplank för metodval (bilaga 4). Projektgruppen landade i att båda metoderna (fällning i vattenfasen respektive fällning i sedimenten) var möjliga att genomföra och att priset i upphandlingsskedet skulle få avgöra vilken metod som skulle användas.

I direkt anslutning till Norrviken ligger en grundvattenförekomst som används som reservvattentäkt. Då det finns gränsvärden för kloridhalter i grundvattnen utfördes beräkningar för att utesluta risk att kontaminera grundvattnet med kloridjoner från behandlingsmediet (aluminiumklorid). Resultatet stämde av med SGU (Sveriges Geologiska Undersökningar).

För att kunna utvärdera vilka effekter behandlingen skulle ge togs ett kontrollprogram fram (bilaga 5). Kontrollprogrammet utgjorde en viktig del i uppföljningen och utvärderingen av projektet som syftade till att utföra och följa

upp effekterna av aluminiumbehandlingen. Kontrollprogrammet utvärderade om behandlingen var framgångsrik med avseende på minskade halter fosfor och övergödningssymptom i Norrviken samt utvärderade om behandlingen förändrar upptaget av miljögifter i fisk. Provtagning enligt kontrollprogrammet påbörjades före behandlingen för att samla in referensdata.

Viktiga lärdomar:

- Ta reda på och ta hänsyn till sjöns historik och omgivande vattens behov när man försäkras om att behandlingen inte ska ge oönskade bieffekter. I vårt fall var det inga problem men det kunde det ha varit så det är viktigt att titta närmare på de olika frågeställningarna som kan vara aktuella.
- I samband med information kring projektet har frågor från allmänheten och politiker lyfts om kemikalietillsatsen. Man har av olika anledningar varit orolig för bieffekter såväl under behandling som efter. Det är viktigt att vara påläst och förberedd på att dessa typer av frågor kommer uppkomma. Till exempel stötte vi på denna typ av frågor: Är det farligt för hundar att dricka vattnet under behandling? Kan man bada medan behandling pågår? Kommer vi ångra tillsats av denna kemikalie i framtiden?

2.4 Steg 3: Behandling

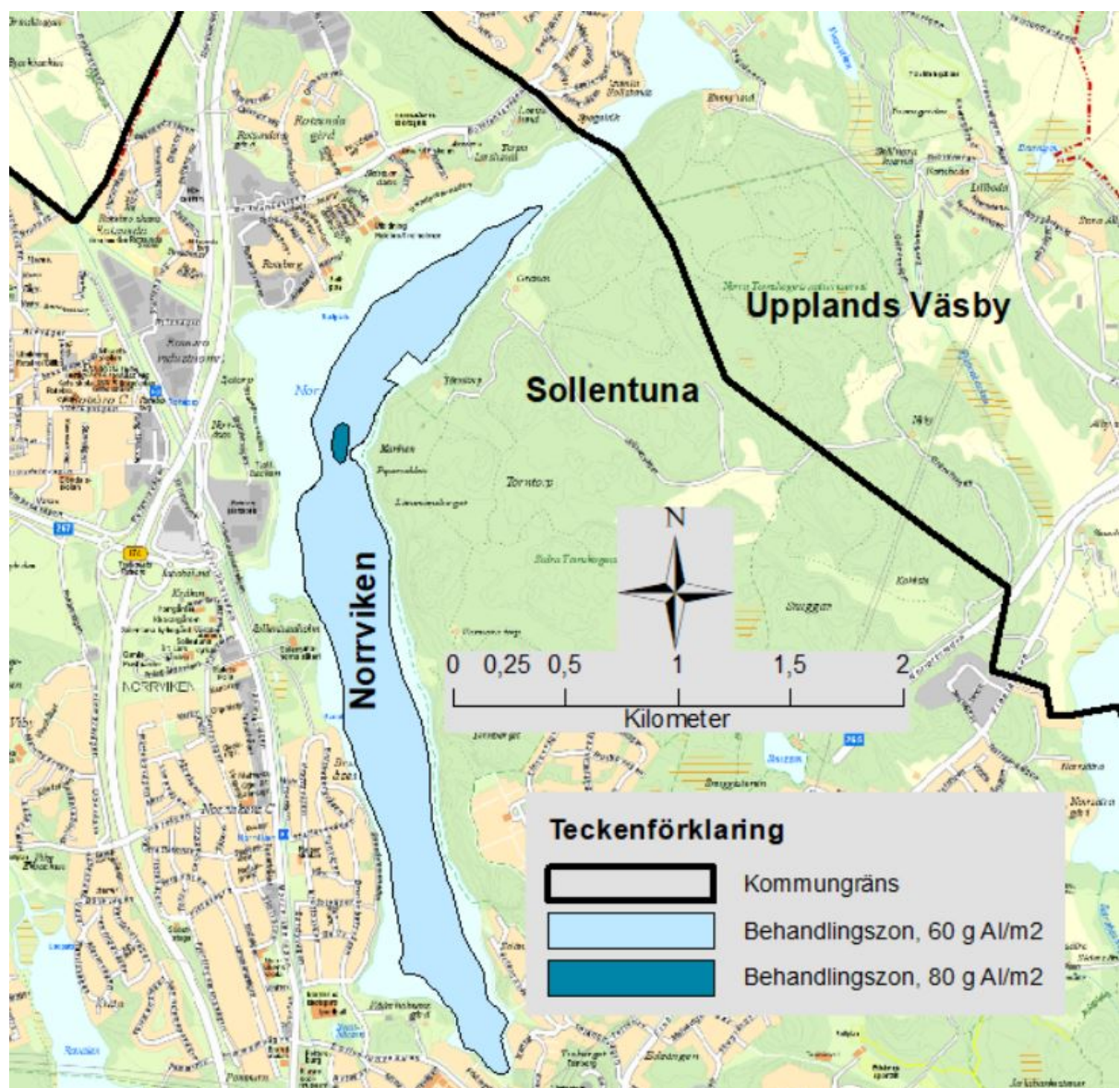
När upphandling av entreprenör för behandling skulle genomföras fick priset bestämma om behandlingen skulle göras i vattenfas eller genom nedharvning i sediment. Upphandlingen genomfördes som en totalentreprenad med fast pris (bilaga 6a och 6b).

Det enda anbudet som inkom för aluminiumbehandling av Norrviken gavs av Vattenresurs AB. Priset om knappt sex miljoner kronor avsåg deras förespråkade metod som var nedharvning av aluminiumklorid i sedimenten. Vattenresurs AB hade tidigare genomfört behandlingar av denna typ i bland annat Säbyviken samt Björnöfjärden på Ingarö.

Under perioden 1 april till 8 juli 2020 behandlades Norrvikens bottnar av Vattenresurs AB. Fordonet som användes för behandlingen var specialbyggt för ändamålet och bestod av utläggare med högteknologisk GPS-, ekolods- och styr och reglerteknik som säkerställde hög precision i arbetet och rapportering av vad som utförts. Bakom utläggaren kopplades en pråm för transport av flockningsmedel, vilken drogs passivt med utläggaren. På land fanns det containrar med invallade tankar för förvaring av flockningsmedel.

Vid behandlingen tillsattes 936,33 ton polyaluminiumkloridlösning av typen Ekoflock 96 från tillverkaren Feralco Nordic AB (bilaga 7). Aluminiuminnehållet i lösningen var $9,6 \pm 0,3$ viktprocent vilket ger en total tillsats om cirka 90 ton aluminium till sjön.

Alla (mjuka) bottnar djupare än 4 meter inom Sollentuna kommun behandlades. Strandbrinkar och grunda områden behandlades inte. Hela behandlingsområdet (136 ha) undantaget ena djuphålan, behandlades med ca 60 g Al/m² medan djuphålan (ca 1 ha) fick ytterligare ca 20 g Al/m² (se behandlingskarta nedan). Behandlingen genomfördes med flera överfarter med lägre doser (10-15 g Al/m²). Behandlingen genomfördes med nedharvningsmetoden vilket innebar att de översta 20 cm av sedimenten behandlades. Kontroll av arbetsdjup i sedimenten skedde kontinuerligt med kameraövervakning av spridarrören.



I samband med genomförandet av behandlingen var tanken att en exkursion för allmänheten samt intresserade kommuner och myndigheter skulle genomföras på plats. Men, med anledning av de restriktioner som fanns på grund av pandemin

med covid-19 kunde ingen exkursion genomföras. För att nå ut med information under pågående behandling tog kommunerna fram en kort informationsfilm och informationsmaterial (i form av skyltar vid siten och runt stranden samt till kommunernas hemsidor och sociala medier). Även lokaltidningarna valde att plocka upp nyheten.

Då upphandlingen av behandlingen gjordes genom totalentreprenad med fast pris innebar detta att allt tillkommande arbete hanterades genom ÅT:or (ändring/tillägg) och innebar extra kostnader. För denna behandling blev det två tillkommande arbeten, en för förstärkningsarbete av vägen till siten och en för hantering av skräp (tex spökgarn) som bärgades från botten då det fastnade i spridaren.

Viktiga lärdomar:

- Vi upplevde at anbudspriset blev lägre än vad man tidigare skattat för den aktuella metoden. Eventuellt blev anbudspriset lägre eftersom vi öppnat upp för större konkurrens då vi möjliggjorde anbud för flera metoder och därmed fler entreprenörer.
- Det är svårt att förutse alla behov i en entreprenad med fast pris så ta höjd för tillkommande arbeten.

2.5 Budget och finansiering

Den totala projektbudgeten var cirka 12 miljoner kronor. Under projektets gång blev dock förberedande utredningar dyrare än budgeterat, då oförutsedda behov uppstod under projektets gång. Detta vägdes dock upp av att aluminiumbehandlingen blev billigare än budgeterat trots tilläggsarbete för både förstärkningsarbete av väg till site och uppsamling av skräp från botten.

Viktiga lärdomar:

- Behovet av förberedande arbete och undersökningar var större än vi kunde förutse.
- Ta höjd i budget och tidplan för förseningar och tilläggsarbeten.

2.6 Viktiga lärdomar

Projektet har varit roligt och givande att arbeta i och den allmänna inställningen till projektet har varit mycket positiv. Kommunikationen har varit uppskattad och den har öppnat dörrar för annan miljörelaterad kommunikation i kommunerna. På samma sätt har intresset för vattenfrågor ökat till följd av projektet.

Projektet har tagit längre tid än vi först beräknat. Framför allt är det förarbetet som tagit längre tid och krävt mer resurser än vad vi förutsåg. Samtidigt har förseningen skapat förutsättningar för ökad förståelse och samsyn inom en bred

rad vattenrelaterade frågor i kommunerna. Behandlingen har varit en inkörsport till fortsatt åtgärdsarbete.

3 Uppföljning och utvärdering

3.1 Uppföljning av effekter i miljön

För att kunna utvärdera om behandlingen gett önskade ekologiska konsekvenser genomfördes en utvärdering av miljöövervakningsdata. Norrviken är väl övervakad och kontrollprogrammet som är speciellt framtaget inom delprojektet omfattar provtagning före och efter behandling för samtliga parametrar samt provtagning under behandling för vissa parametrar. Fortsatt provtagning enligt miljökontrollprogrammet genomfördes inom projektet under cirka ett och ett halvt år efter avslutad behandling. All provtagning och utvärdering av resultat redovisas i en sammanfattande rapport för miljöövervakningen (bilaga 1). Rapporten, som också är projektets leverabel "final evaluation report", är framtagen av konsult (Calluna AB) och är baserad på egna mätdata samt parameterspecifika resultatrapporter (underlagsrapporter) från andra konsulter. I miljöövervakningsrapporten framgår all information om, provtagningsmetoder, provtagningsfrekvens och analysparametrar mm.

För att följa upp om behandlingen varit framgångsrik och hur den har påverkat ekosystemet och miljögifters halter i biota har:

- Näringsstatus utvärderats för relevanta parametrar i enlighet med delprojektets kontrollprogram (bilaga 1 och bilaga 5).
- En utvärdering av behandlingens effekter på miljögifter i fisk genomförts. Aktuella miljögifter som undersöktes framgår av bilaga 1 och bilaga 5.

Efter projektets slut 20220630 fortsätter Norrviken övervakas inom ordinarie miljöövervakningsprogram som genomförs på uppdrag av Oxunda vattensamverkan.

3.2 Uppföljning av projektets bidrag till kapacitetsutveckling, socioekonomiska effekter och ekosystemtjänster

Sociala och ekonomiska effekter samt påverkan på ekosystemtjänster till följd av behandlingen har främst utvärderats på ett resonerande och reflekterande sätt av projektgruppen (se avsnitt 4.4 och 4.5) och centralt av huvudprojektledningen (Tyréns 2022).

Därtill för att följa upp hur behandlingen togs emot av medborgarna har två webbenkätundersökningar genomförts där frågor har ställts gällande hur medborgarna upplevt behandlingen samt om de sett några effekter av behandlingen.

Vad gäller ekosystemtjänster bedömer projektgruppen att behandlingen främst påverkat den reglerande ekosystemtjänsten "reglering övergödning" och den stödjande ekosystemtjänsten "biogeokemiska cykler". Detta eftersom projektet direkt påverkar fosforomsättningen i sjön och ökar sedimentens förmåga att binda

fosfor. Detta medför att projektet tittat vidare på om det finns några ekosystemtjänster som påverkas sekundärt av det lägre näringstillståndet i sjön.

Ekosystemtjänster som tittats närmare på när det kommer till sekundär påverkan:

- Stödjande: Primärproduktion, näringsväv, biologisk mångfald, livsmiljö.
- Reglerande: Luft- och klimatreglering, sedimentkvarhållning, reglering av giftiga ämnen, vattenrening, skydd mot översvämningar.
- Producerande: Livsmedel.
- Kulturella: Rekreation, estetiska värden, vetenskap- och utbildning.

3.3 Dokumentation och dataförvaring

Data från miljöövervakningen levereras till nationella datavärdar samt finns arkiverade hos kommunerna.

Samtliga rapporter finns sparade hos kommunerna.

4 Resultat

4.1 Effekter i miljön

Miljöeffekterna av projektet har legat i fokus under hela projektets genomförande då hela projektet syftat till att förbättra Norrvikens ekologiska status.

Miljöövervakningsprogrammet som togs fram av projektet har legat till grund för utvärderingen av effekter i miljön. Utvärderingen som redovisas i sin helhet i en separat rapport (Bilaga 1, ”deliverable: final evaluation report”) har tagits fram av Calluna AB i samarbete med Sollentuna och Upplands Väsby kommuner. I rapporten redovisas även omfattningen av kontrollprogrammet.

Nedan beskrivs kortfattat de förväntade resultaten (kursivt) följt av utfallet:

- *Minskade halter av fosfor i vattenpelaren.*
 - Tidsserier över den totala mängden fosfor (totalfosfor) vid station Norrviken 3 visar att fosforhalterna i vattenpelaren var märkbart lägre under tiden efter aluminiumbehandlingen, jämfört med tiden före behandlingen. Samma skillnad syns på alla tre djupnivåer i vattenpelaren.
 - Halterna av fosfor minskade även i vattnet från Norrvikens utlopp vid Edsån.

Förväntat resultat erhöles.

- *En förbättring av näringsstatusen från dålig till god eller hög om restaureringsåtgärden har lyckats.*
 - Klassningen av näringsstatusen vid Norrviken 3 visade att med avseende på totala halten fosfor (Totalfosfor) förbättrades sjöns näringsstatus från otillfredsställande (EK 0,22) före aluminiumbehandlingen till god (EK 0,57) efter behandlingen, om samtliga uppmätta värden 2017–2021 tas med i bedömningen. Om bedömning görs på endast augustivärden förbättrades status från dålig (EK 0,18) till god (EK 0,63) före respektive efter behandling.
 - Statusklassning av vattnet vid Norrvikens utlopp visar att näringsstatusen med avseende på totalfosfor förbättrades från god (0,61) före aluminiumbehandlingen till hög (>1) efter behandlingen.

Förväntat resultat erhöles.

- *Förbättrade ljusförhållanden som ett resultat av minskad grumlighet, mätt som ökat siktdjup (Secchi-djup). Förbättrad status vad gäller ljusförhållandena, dvs en ökning från måttlig till god eller hög.*
 - Ljusförhållandena har förbättrats efter aluminiumbehandlingen. Siktdjupet varierade mellan 1,5–4,6 m före behandling och mellan 2,6–5,5 m efter behandling.
 - Statusbedömning av siktdjupet i Norrvikens djupaste område, baserat på samtliga uppmätta värden under maj-oktober 2017–2021,

visade god status (EK 0,6) före aluminiumbehandlingen av sjöns botten, och en ökning till hög status (EK 0,71) efter behandlingen. Om endast augusti-värden tas med i bedömningen blir skillnaden större och status förbättras från måttlig (EK 0,496, strax under god) före behandling till hög (EK 0,82) efter behandling.

Förväntat resultat erhålls.

- *Minskad biomassa av växtplankton och minskad grumlighet. Minskade algbloomningar och generell minskning av biomassan växtplankton. Statusklassningen av växtplankton ökar från måttlig till god eller hög.*
 - En tidsserie över turbiditeten (grumligheten) under perioden 2017–2021 visar att uppmätta värden efter behandling generellt var lägre än de som uppmättes före behandlingen.
 - Biomassan av växtplankton och andelen av cyanobakterier i biomassan minskade efter behandlingen jämfört med innan, men fluktuationerna mellan åren är stora.
 - En sammanvägd bedömning av den ekologiska statusen för Norrviken 3 med avseende på växtplankton visar måttlig status både före (EK 0,49) och efter (EK 0,43) aluminiumbehandlingen.

Förväntat resultat har delvis erhållits.

Kommentar: För att se tydliga resultat kopplat till minskad biomassa växtplankton behövs mer mätdata fler år efter behandlingen.

Det är även svårt att säga något bestämt om statusklassningen före respektive efter behandlingen eftersom bedömningsgrunderna förändrats så drastiskt.

- *Förbättrade syreförhållanden i de djupaste delarna av sjön som ett resultat av mindre sedimentering av partikulärt organiskt material som förbrukar syre.*
 - En tidsserie över vattnets syrgashalt närmast botten (> 10 meters djup) vid Norrviken 3 visar att det inte finns någon tydlig skillnad i syrgashalterna före och efter aluminiumbehandlingen.

Förväntat resultat har ännu inte erhållits.

Kommentar: Troligtvis tar det längre tid innan man ser förbättrade syreförhållanden i sjöns djupare delar. Endast ett år efter det att behandlingen genomfördes är det rimligt att det fortfarande finns mycket organiskt material på botten som förbrukar syre vid nedbrytningsprocesserna.

- *Ökad utbredning av makrofyter, både vad gäller djupfördelning och ytmässigt. Exempelvis ökad utbredning av makrofyter som ett resultat av förbättrade ljusförhållanden. En ökning av statusen för makrofyter från dålig till god eller hög.*
 - Jämförelsen av makrofyterna i Norrviken före och efter aluminiumbehandlingen visar att de vanligast förekommande undervattensväxterna ökade i utbredning och växte djupare under

2021 än under 2017. Det som oroar är att den invasiva främmande arten smal vattenpest (*Elodea nuttallii*) har ökat sin utbredning efter behandlingen.

- Under 2021 hade den ekologiska statusen för undervattensväxterna förbättrats till måttlig, jämfört med dålig/otillfredsställande före behandlingen

Förväntat resultat har delvis erhållits.

Kommentar: Statusen har förbättrats något men inte fullt ut som önskat/förväntat. Dock är det anmärkningsvärt att förbättring sågs redan ett år efter behandlingen. På längre sikt kan förbättringen bli ännu större. Fortsatt övervakning krävs.

- *Ökad utbredning av djurplankton och fisk, både vad gäller djupfördelning och ytmässigt. Statusen hos fisksamhällena i sjön (statusklassificering med hjälp av bedömningsindexet EQR8) ska öka från måttlig till god.*
 - Biovolymen av djurplankton var lägst efter aluminiumbehandlingen, men variationen mellan år innebär att det ännu är för tidigt för att säga om behandlingen har haft någon bestående effekt på djurplanktonsamhällets biovolym. Den spatiala utbredningen kunde inte bedömas. Fortsatt miljöövervakning behövs.
 - Utifrån provfiskeresultatet klassificerades Norrvikens ekologiska status enligt indexet EQR8 som måttlig (på gränsen till god) under 2016 och som god (på gränsen till måttlig) under 2021. Under både 2016 och 2021 ligger de numerära värdena för indexet relativt nära gränsen mellan måttlig och god status, så det finns inga tydliga tecken på förbättring av den ekologiska statusen med avseende på fisk.

Förväntat resultat har delvis erhållits.

Kommentar: Förväntat resultat erhöles men förändringen är liten och relativt osäker. Det är rimligt att tydliga förändringar i fisksamhället tar längre tid än ett år. Fortsatt övervakning krävs.

- *Förbättrade kunskaper om effekterna av aluminiumbehandlingen på den interna massbalansen i sjön och effekterna på sjöns växter och djur.*
 - Utvärderingen har gett oss mycket mer kunskap om behandlingens effekter på sjön. Vi kan tydligt se vilka parametrar som svarat fort och vilka som inte gett förväntat resultat ännu i alla fall. Vi har även fått bättre kännedom om hur fosfornivåerna i sjön påverkats av behandlingen.

Förväntat resultat erhöles.

- *Kemisk status i fisk ska övervakas och vid behov genomförs lämpliga åtgärder (utanför projektet) för att minska risken för negativa trender i sjön och avrinningsområdet.*

- Undersökningarna visade inte på några tydliga förändringar i upptaget av miljögifter hos abborre efter aluminiumbehandlingen av sjöns botten. Vad gäller enskilda substanser indikerar resultaten en möjlig ökning av kvicksilverhalten och en möjlig minskning av halten av vissa högfluorerade ämnen (PFOS). Halterna av högfluorerade ämnen (PFAS) var högre hos små storleksklasser av abborre, men det är oklart varför. Halterna av PFOS var lägre under 2021 jämfört med 2017.

Kommentar: Förväntat resultat som innebar en ökning av miljögifter i fisk efter behandlingen erhöles ej entydigt, vilket är positivt. Men, resultaten kan anses något osäkra då undersökningen 2021 genomfördes endast ett år efter aluminiumbehandlingen, och troligen behövs mer tid för att bekräfta eventuella förändringar med avseende på miljögiftsbelastningen hos abborre i Norrviken. I dagsläget finns inget behov av extra åtgärder mot miljögifter i fisk.

Utöver dessa parametrar (med förväntade resultat) övervakades även den profundala (djupa botten) bottenfaunan i sjön. Om något sågs en försämrad status av bottenfaunan efter behandlingen. Eventuellt kan det förklaras av behandlingsmetoden (harvning) men även av syresituationen. Bottenfaunan förväntas återhämta sig och förhoppningsvis förbättras jämfört med innan behandlingen över tid. Fortsatt övervakning krävs.

I tabellen nedan anges status före respektive efter behandling för samtliga parametrar inom miljöövervakningsprogrammet. För mer information om hur bedömningen genomförts se bilaga 1.

Parameter	Status före	Status efter
Näring (tot-P)	Dålig	God
Siktdjup	Måttlig	Hög
Syrgas	Dålig	Dålig
Växtp plankton	Måttlig	Måttlig
Djurplankton	Näringspåverkan (expertbedömning)	Näringspåverkan (expertbedömning)
Bottenfauna	Måttlig	Otillfredsställande
Makrofyter	Otillfredsställande/Dålig	Måttlig
Fisk	Måttlig	God
Miljögifter i fisk	Förhöjda halter av kvicksilver och PFOS.	Förhöjda halter av kvicksilver och PFOS.

4.1.1 Projektets bidrag till genomförandet av förvaltningsplanen för Norra Östersjöns vattendistrikt

Då projektet syftar till att förbättra statusen i en övergödd sjö med miljögiftsproblematisering bidrar projektet till såväl konkret förbättring av status (se 4.1, ovan) och ökad kunskap om möjliga åtgärder i liknande vatten. Därmed bidrar projektet konkret till att uppfylla Miljö kvalitetsnormerna för Norrviken inom förvaltningsplanen för Norra Östersjöns vattendistrikt 2016–2021. Projektet bidrar också med erfarenheter och kunskap som vattenmyndigheterna kan ta med sig in i kommande förvaltningscykler.

4.2 Effekter på ökad kunskap, kapacitet

Projektet upplevs ha lett till både en ökad kunskap om förekommande övergödningsproblematisering samt en ökad acceptans för behandlingsmetoden och den positiva effekten på miljön som den bidrar till. Genom det informationsmöte, de presentationer för både grannkommuner och andra kommuner i länet samt de presentationer i nämnder och utskott som hållits har projektet ökat kunskapen om dessa frågor hos allmänheten, intresseorganisationer, andra tjänstepersoner inom kommunerna, tillsynsmyndigheter och beslutsfattare.

Ett praktiskt exempel på förståelsen och kunskapsnivån är att när en liknande behandling föreslogs som en åtgärd i kommunens vattenplan för ett annat vatten i Sollentuna kommun antogs denna åtgärd med god insikt och i samförstånd.

4.2.1 Stimulera och inspirera till fler åtgärder

Projektet har och kommer framgent kunna fungera som modell för andra kommuner som står i begrepp att genomföra liknande arbete.

Under projektets gång har fyra kommuner aktivt hört av sig för att få höra mer om projektet och våra erfarenheter från initiering av projekt till genomförande. För att besvara frågor från Södertälje och Norrtälje hölls ett möte där projektet beskrev tillvägagångssätt och svarade på uppkomna frågor i ett PM (bilaga 8).

Till Upplands Bro och Stockholm har projektet delat med sig av material och information om tillvägagångssätt vid framförallt upphandling av behandling (bilaga 6a och 6b).

4.3 Effekter samverkan och nätverk

Genom projektet har ett bättre samarbete med övriga ingående partners i LIFE IP Rich Waters etablerats. Tydligast har samarbetet med länsstyrelsen, SLU, IVL och HaV förbättrats när diskussioner förts gällande olika frågor och utmaningar som finns kopplade till övergödningsproblematiken och denna behandlingsmetod. Framförallt har nya kontaktvägar öppnats upp och samtalet har blivit mer

transparent och öppet, vilket har bidragit till en större förståelse för olika ingående aktörers mandat och beslutsvägar. Projektet ser inte att detta samarbete hade kunnat fås lika lätt utan samarbetet via LIFE IP Rich Waters. Det har även varit ett bra utbyte via den ”interna övergödningsgruppen” inom LIFE IP Rich Waters där olika frågor diskuterats med andra ingående projektpartners och nya kontakter har skapats inom vattendistriktet.

4.4 Socioekonomiska effekter

Nedan anges de främsta socioekonomiska effekterna som kunnat identifieras inom projektet.

- Skapat nya arbetstillfällen
 - Projektet har upphandlat många olika konsulter i flera olika skeden.
 - Projektet har också möjliggjort nyanställning av en projektmedarbetare vid Sollentuna kommun.
 - Kunskapen om vårt projekt kommer troligtvis leda till fler motsvarande behandlingar som kräver arbetskraft.
- Etablering av nätverk och lokal kapacitet
 - Flera viktiga nätverk med myndigheter och andra kommuner har stärkts eller etablerats för att diskutera de frågor som berörs av projektet. Dessa nätverk kommer fungera som fortsatt stöd vid kommande, liknande, projekt. Fler vatten kommer med stor sannolikhet att behöva behandlas i de båda kommunerna och lärdomarna och nätverken tas med till dessa projekt.
- Kunskap och kompetens, deltagande och genomslagskraft
 - Projektdeltagarna har fått nya kunskaper och kompetenser som kan nyttjas av deras nätverk och i kommande projekt.
 - Medborgarna och politikerna har fått ökad kännedom om problem och möjligheter som finns inom vattenvården. I en enkätundersökning som Sollentuna genomförde 2021 stod det klart att 41 av 51 svarande kände till projektet med bottenbehandlingen av Norrviken.
- Spridningseffekter
 - Då deltagande kommuner har goda nätverk med andra grannkommuner som tampas med samma problem kan detta projekt inspirera och bana väg för fler liknande projekt.
- Fastighetspriser
 - Då vattnet förväntas bli mer attraktivt och tilltalande kan fastighetspriserna i närliggande områden påverkas att öka.
- Affärsmöjligheter, branschutveckling och profilering
 - Bottenbehandlingen har skapat förutsättning för kommunerna att belysa sitt miljöengagemang och sin handlingskraft. Vi har även kunnat visa medborgarna att vi hanterar skattemedel på ett ansvarsfullt sätt eftersom vi växlar upp dem med EU-bidrag.

Projektet har även gett oss möjlighet att öppna upp kommunikationen om vårt vattenvårdsarbete i ett bredare perspektiv.

- Projektet har även bidragit till den regionala utvecklingen då flera konsulter och entreprenörer med regional hemvist har anlitats för att kunna genomföra arbetet.
- Hälsa och välmående
 - Behandlingen har inneburit ett klarare vatten som upplevs mer attraktivt för bad. Se resultat av webbenkät nedan.

I webbenkätundersökningar som genomförts framgår det att Norrviken är ett populärt område i båda kommunerna och många av de som besvarat enkäten beskriver att de ofta promenerar runt sjön, samt att de badar och paddlar kanot under sommaren och åker skridskor på vintern.

En stor majoritet av de drygt hundra personer som svarade upplever att vattnet är mycket klarare nu och att siktdjupet är bättre:

”Mycket klarare vatten! Ser plötsligt botten, vilket aldrig hänt förr.”

”Vattnet är fantastiskt rent och klart. Vilken skillnad. Vi har njutit av härliga bad i sommar. Hoppas nu det håller sig så här fint. Tack för det här viktiga projektet.”

Det inkom även spontana brev till Sollentuna kommun där medborgare visade sin glädje över resultatet:

”Jag vill tacka för att ni gjort Norrvikens sjö så ren. Vattnet har aldrig varit så klart o fint. Vi är mycket glada o tacksamma”

”Jag har bott i Solängen vid Norrvikens södra del sedan 1983 och i år har jag fått en fantastisk badsjö till granne. Vilken härlig känsla att i morgonrock få ta en promenad till ett morgondopp eller att få en härlig simtur mot kvällen i klart och fint vatten. I kväll har jag dessutom gjort något som jag aldrig gjort tidigare i mitt liv. Jag simmade, och njöt, till en middag hos goda vänner 250 meter bort. En tur som jag nog inte gjort i ”blommande” vatten. Tack för ert, och säkert andra kollegors, insatser för att ni gör Norrviken så fin och njutbar.”

De socioekonomiska aspekterna av projektet har även utvärderats centralt av projektledningen. I den rapporten resonerade man att eftersom sjöar som används för bad och rekreation ofta renderar höga värden beträffande samhällsekonomiska nyttor är det troligt att värdet av att förbättra vattenkvaliteten i Norrviken också bör skattas relativt högt (Tyréns 2022).

4.5 Ekosystemtjänster

Projektet har noterat påverkan på nedanstående ekosystemtjänster i dagsläget. Eventuellt kan ytterligare ekosystemtjänster påverkas på längre sikt men det är inget vi i dagsläget har indikationer på.

- Stödjande:
 - *Primärproduktionen* har minskat i vattenmassan men bedöms ha ökat på sjöbotten (detta kan ses i data gällande siktdjup och växtplankton).
 - *Livsmiljön* för bottenlevande makrofyter har ökat då ljuset når längre ner på botten (detta kan ses i data gällande makrofyter).
- Reglerande:
 - *Luft- och klimatreglering* bedöms ha påverkats då behandlingen lett till en lägre trofinivå. Med en lägre trofinivå påverkas kolcykeln och därmed klimatregleringen. Det är dock ovisst på vilket sätt sjöars trofinivå påverkar kolets kretslopp.
 - *Sedimentkvarhållningen* har ökat till följd av mer makrofyter som stabiliserar sedimenten.
- Kulturella:
 - *Rekreationsupplevelser* och *estetiska värden* har förbättrats. Enkätundersökningar visar att medborgare upplever och uppskattar det klarare vattnet.
 - *Vetenskap- och utbildning* har ökat. Kommunikationsinsatserna har bidragit till ökad kunskap och förståelse hos alla berörda (beslutsfattare, allmänhet, tjänstepersoner, intresseorganisationer). Även resultaten av behandlingen och erfarenheterna från alla steg av genomförandet har bidragit till större kunskap hos projektdeltagarna och ökad kunskap till vetenskapen.

4.6 Nyttor för partners

Det ekonomiska bidrag som kommit från EU har varit avgörande för projektets genomförande, vilket också lett till flera nyttor för ingående projektmedlemmar. Projektet har framförallt drivits av Sollentuna och Upplands Väsby kommuner, med länsstyrelsen som ett viktigt bollplank där de kunnat bidra mycket med sin kunskap och tid. Således har nya kontakter skapats och redan etablerade kontakter fördjupats. Medverkan i Rich Waters har också varit kunskapsbyggande för medarbetarna och kommunerna har fått en effektivare omvärldsbevakning vad gäller vattenfrågorna. Även nya kontaktvägar har öppnats inom vattenförvaltningen i hela Norra Östersjöns vattendistrikt.

Projektet i sig har även gett en skjuts i åtgärdsarbetet då det bidragit med ökad publicitet för vattenfrågorna i kommunerna och ökad attraktivitet till området.

Till viss del kan även projektet anses ha bidragit till att sätta kommunerna på kartan rent kunskapsmässigt inom vattenvårdssverige i och med presentationer och deltagande i olika sammanhang.

Inga nyttor har beräknats, modellerats eller kartlagts djupare utan är ett sammandrag av projektledarnas subjektiva intryck av projektet.

4.7 Ringar på vattnet

Havs- och vattenmyndigheten (HaV) leder delprojektet ”Nationellt lärande” inom LIFE IP Rich Waters. Den övergripande målsättningen i deras projekt är att förbättra genomförandet av åtgärder i åtgärdsprogram för vattenförvaltning i samtliga vattendistrikt i landet. Detta genom att använda resultat och erfarenheter från övriga delprojekt inom LIFE IP Rich Waters för att göra dem tillämpbara i landets vattendistrikt. De lärdomar och erfarenheter vi fått inom detta projekt (C13) kommer förmedlas till HaV som kan välja att lyfta in delar i sin kommande ”vägledning om åtgärder mot intern näringsbelastning – Insjöar och kustvatten”. Vårt projekt kommer även kunna utgöra ett praktiskt exempel som kan belysas i vägledningen.

Projektet har delgett upphandlingsmaterial och stöttat andra projekt som redan haft initierade projekt. Projektet har även delat med sig av erfarenheter för att inspirera till uppstart av liknande projekt. Inga projekt har ännu påbörjats, vad projektet vet. Eftersom den här typen av projekt ofta har en lång startsträcka kan det på längre sikt uppkomma ringar på vattnet till följd av vårt projekt.

5 Kommunikation och resultatspridning

5.1 Kommunikationsstrategi

Nedan beskrivs projektets identifierade målgrupper samt det övergripande syftet med kommunikationen till respektive målgrupp. Här anges även vilka kanaler som kommunikationen främst använt samt generell tonalitet.

5.1.1 Intern kommunikation (inom respektive kommun)

Målgrupp	Övergripande syfte	Lämpliga kanaler	Tonalitet
Tjänstepersoner inom projektet	Samsyn, undvika dubbelarbete, täcka in allt, optimera lösningar.	Antura, dialog, e-mail, möten.	Rak, ärlig, inlyssnande, transparent.
Tjänstepersoner utom projektet	Skapa förståelse för och positiv inställning till projektets arbete och dess konsekvenser.	Hemsidan, solsidan, seminarier, möten.	Tydlig, motiverande och peppande.
Politiker	Skapa förståelse för och positiv inställning till projektets arbete och dess konsekvenser.	Information på politiska möten, seminarier, dialog.	Tydlig, professionell, transparent.

5.1.2 Extern kommunikation (mellan partners och andra berörda/intresserade)

Målgrupp	Övergripande syfte	Lämpliga kanaler	Tonalitet
Tjänstepersoner inom projekt	Samsyn, undvika dubbelarbete, täcka in allt, optimera lösningar.	Dialog, e-mail, möten.	Rak, ärlig, inlyssnande, transparent.
Medborgare	Skapa förståelse för och positiv inställning till projektets arbete och dess konsekvenser.	Broschyrer, flygblad, hemsidan, tidningsartiklar, möten, event (seminarier).	Tydlig, professionell, transparent.
Kommuner och myndigheter	Skapa förståelse för och positiv inställning till projektets arbete och dess konsekvenser.	Hemsidan, e-mail seminarier, möten.	Tydlig, professionell, transparent.
Organisationer och verksamhetsutövare	Skapa förståelse för och positiv inställning till projektets arbete och dess konsekvenser.	Hemsidan, tidningsartiklar, möten, event (seminarier).	Tydlig, professionell, transparent.

5.2 Kommunikationsaktiviteter

Nedan anges viktiga moment som behöver kommuniceras samt målgrupp och syfte. Under arbetets gång kan det tillkomma ytterligare kommunikationsbehov som inte är specificerat i dagsläget.

Ungefärlig tidpunkt för kommunikationsinsats	Kopplat till aktivitet/deadline	Vad skall kommuniceras	Målgrupp(er)	Syfte
Hösten 2016/ Våren 2017	-	Behandling av Norrviken	Tjänstepersoner, politiker, medborgare, kommuner, myndigheter, organisationer och näringslivet.	Informera om föreliggande arbete och grunda för kommande kommunikation.
Löpande		Aktuellt i projektet	Tjänstepersoner, politiker, medborgare, kommuner, myndigheter, organisationer och näringslivet.	
Feb/mars 2017	Hemsidor med information om projektet togs fram av kommunerna.	LIFE, miljöövervakning en, behandlingen, konsekvenser, effekter, risker, möjligheter.	Tjänstepersoner, politiker, medborgare, kommuner, myndigheter, organisationer och näringslivet.	Ta emot synpunkter och ha en FAQ som kan besvara de vanligaste frågorna.
Mars 2017	Ta fram inbjudan till informationsseminarium.	Tider, lokal.	Medborgare, organisationer.	Utskick i maj.
Feb – maj 2017	Planera och ta fram material samt kontaktinformation inför informationsseminariet.	LIFE, miljöövervakning en, behandlingen, konsekvenser, effekter, risker, möjligheter.	Medborgare, organisationer.	Webbplats ska användas inför seminariet att besvara och ta emot synpunkter.
Våren 2017	LIFE: Informationsseminarium om projektet (2017-06-30).	LIFE, miljöövervakning en, behandlingen, konsekvenser, effekter, risker, möjligheter.	Politiker, tjänstepersoner, medborgare, organisationer.	Förankring och transparens. Minska spekulationer, oro och rykten.
2018 och 2019	-	Information inför behandling.	Tjänstepersoner, politiker, medborgare, kommuner, myndigheter, organisationer och näringslivet.	Öka kunskapen om vattenfrågor. Minska spekulationer, oro och rykten.
2020	-	Information inför behandling.	Tjänstepersoner, politiker, medborgare, kommuner, myndigheter, organisationer och näringslivet.	Öka kunskapen om vattenfrågor. Minska spekulationer, oro och rykten.
Våren 2020	Film i samband med att behandling påbörjas.	Att behandlingen utförs och förväntat resultat.	Tjänstepersoner, politiker, medborgare, kommuner, myndigheter, organisationer och näringslivet.	Öka kunskapen om vattenfrågor. Minska spekulationer, oro och rykten.
Hösten 2020	Spridning av enkät.	Få in synpunkter.	Medborgare.	Utvärdera kunskapen och upplevelsen av behandlingen.
Våren 2022	Informations-spridning via bland annat hemsidor och sociala medier om resultat.	Vad miljöövervakning en har visat det första året efter behandling.	Tjänstepersoner, politiker, medborgare, kommuner, myndigheter, organisationer och näringslivet.	Förankring och transparens. Minska spekulationer och rykten.

5.3 Resultat av kommunikationsaktiviteter

I en enkätförfrågan som skickades ut av Sollentuna och Upplands Väsby kommuner via sociala medier hösten 2020, precis efter behandlingen, ställdes frågor om hur allmänheten uppfattade kommunikationen om aluminiumbehandlingen. 44 procent av de 100 som svarade uppger att de tycker att informationen har varit tillräcklig.

”Jag följde projektet via media och jag har fått en ökad förståelse om vattenmiljö och hur den påverkas av yttre förutsättningar.”

”Det har skapat intresse för att se hur det går att förbättra miljön i en övergödd sjö.”

Samtidigt uppger 40 procent att de hade velat få ännu mer information och ökad kunskap. Något som flera efterfrågar är till exempel mer uppföljande information om hur resultatet blev och om fler åtgärder är planerade i Norrviken eller i sjöar runt omkring.

*Jag hade gärna önskat mer kunskap. Superintressant hur detta går till!
Kommer det tex att göras om eller kommer vattnet hålla sig?*

Hoppas nu att man fortsätter att informera om provtagning av vattnet så vi får veta testresultat mm. Good job!

Vore fint med uppföljande rapportering avseende effekterna på vattenkvaliteten. Just nu ser det väldigt klart och fint ut.

I en annan enkätundersökning som genomfördes av Sollentuna kommun under sommaren 2021, ett år efter behandlingen uppgav 80 procent av de 51 svarande att de kände till att Norrvikens bottenbehandlats. Det tyder på stor spridning av våra kommunikationsaktiviteter bland medborgarna. Samtliga svarande uppger även att de är mer eller mindre glada för att bottenbehandlingen genomförts. Ingen var negativt inställd till att man satsat på bottenbehandlingen. Den positiva attityden skulle kunna vara ett resultat kommunikationsaktiviteterna som skapat förståelse och samsyn.

I den senare enkätundersökningen uppgav även cirka 40 procent att de fått tillräcklig information och att informationen som förmedlats varit pedagogisk och lätt att ta till sig. Här tror vi att filmen som spreds i samband med behandlingen har varit en nyckelfaktor för att göra budskapet lätt att ta till sig.

5.4 Lärdomar från kommunikationsarbetet

Generellt upplever vi att intresset och nyfikenheten för projektet varit större än väntat. Vi upplever också att vi mött färre oroliga eller negativt inställda till projektet än befarat.

Något som fungerade väldigt bra som plattform för kommunikationen när behandlingen satte igång var den korta informationsfilm vi tog fram. Den var lätt att sprida på såväl hemsidan som på sociala medier och gav ett seriöst intryck med tydligt budskap. Den fungerade bra som inkörspport till djupare fakta om projektet.

Projektet tog flera gånger kontakt med lokaltidningen som samtliga gånger nappade på våra nyheter och skrev artiklar. Den positiva miljövinklingen var attraktiv eftersom mycket av miljöfrågorna som kommuniceras idag har en negativ klang.

Nedan summerar vi några generella lärdomar från kommunikationsarbetet inom projektet:

Prioritera – Alla kan inte ta del av all information. Överväg vilken information som skall förmedlas till vilka målgrupper.

Förebygg missförstånd - Vid information som kan skapa oro, misstänksamhet eller missförstånd, använd flera kommunikationskanaler och skapa transparens i processen.

Samordna kommunikationsinsatser – Fundera på om kommunikation kan samordnas med andra projekt. Finns samordningsvinster eller kan det uppstå förvirring?

Upprepa – Många saker tål att höras flera gånger. Tillslut sätter sig budskapen. "Värna våra vatten" – Värna våra vatten är vattenarbetets sammanhållande devis. Devisen används med fördel på ett eller annat sätt i all kommunikation som rör vattenvårdsarbetet.

6 Fortsättning/After-LIFE

I och med projektavslut kommer fortsatt övervakning av Norrviken att ske inom ordinarie miljöövervakningsprogram som genomförs på uppdrag av Oxunda vattensamverkan, där både Sollentuna och Upplands Väsby kommuner ingår. Oxunda vattensamverkan arbetar inom hela det avrinningsområde (Oxundaåns avrinningsområde) där Norrviken ligger. Inom Oxunda vattensamverkans miljöövervakning kommer vi fortsätta följa såväl biologiska som kemiska parametrar och miljögifter i Norrviken.

I verksamhetsplanen för Oxunda vattensamverkan för år 2022 finns ett projekt som syftar till att utreda om det finns en internbelastningsproblematik i fyra andra sjöar inom Oxundaåns avrinningsområde som behöver behandlas, samt resonera kring lämplig metod om behandlingsbehov finns. Det är dock oklart om detta projekt kommer kunna starta under 2022, pga personalbrist, men det kvarstår som ett prioriterat projekt för framtiden.

Den kunskap som byggts upp inom projektgruppen kommer kunna nyttjas av andra då vi avser finnas tillgängliga för informationsspridning och som kontaktpersoner för intresserade även i framtiden.

7 Referenser

- Naturvatten i Roslagen AB och Ekologigruppen AB (2011) Mot god status i Norrviken – En metodbeskrivning för åtgärdsinriktat arbete inom vattenförvaltningen med Norrviken som modell. Rapporten återfinns här: <https://sollentuna.miljobarometern.se/vatten/oxundaans-avrinningsomrade/norrviken/documents/>
- Naturvatten i Roslagen AB (2013) Undersökning av intern belastning och läckagebenägen sedimentfosfor i Norrviken. Rapporten återfinns här: <https://sollentuna.miljobarometern.se/vatten/oxundaans-avrinningsomrade/norrviken/documents/>
- Naturvatten i Roslagen AB (2016) Fosforutbyte på olika bottendjup i Norrviken – Utläckageförsök som underlag för åtgärdsplanering. Rapporten återfinns här: <https://sollentuna.miljobarometern.se/vatten/oxundaans-avrinningsomrade/norrviken/documents/>
- Naturvatten i Roslagen AB (2016) Metoder för åtgärd av intern fosforbelastning i Norrviken – En litteratursammanställning på uppdrag av Upplands Väsby kommun. Rapporten återfinns här: <https://sollentuna.miljobarometern.se/vatten/oxundaans-avrinningsomrade/norrviken/documents/>
- Tyréns (2022) Utvärdering av sociala och ekonomiska effekter av Rich Waters delprojekt. Rapporten återfinns här: <https://www.richwaters.se/utvardering-av-sociala-och-ekonomiska-effekter-av-rich-waters-delprojekt/>.



Havs
och Vatten
myndigheten



Havs
och Vatten
myndigheten

SOLLENTUNA
KOMMUN



Upplands Väsby
kommun



Länstyrelsen
Stockholm

Bilaga 1

till slutredovisning av delprojekt C13, bottenbehandling av sjön Norrviken för att minska internbelastningen av fosfor.

Aluminiumbehandling av Norrviken för att minska övergödningen – effekter på sjöns miljötillstånd



Havs
och Vatten
myndigheten



CALLUNA



PELAGIA



eurofins



Aluminiumbehandling av Norrviken för att minska övergödning – effekter på sjöns miljötillstånd

Delprojekt C13 inom Life IP Rich Waters.

SOLLENTUNA
KOMMUN

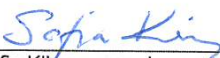


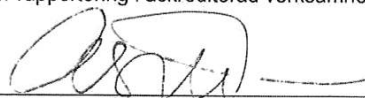
Upplands Väsby
kommun



Länsstyrelsen
Stockholm

Denna rapport har upprättats och granskats enligt Callunas rutiner för rapportering i ackrediterad verksamhet.


Sofia Kling, ansvarig rapportör/projektledare


Annika Delbanco, kvalitetsgranskare



Ackred. nr 1959
Provning
ISO/IEC 17025



OM RAPPORTEN:

Titel: Aluminiumbehandling av Norrviken för att minska övergödning – effekter på sjöns miljötillstånd

– Delprojekt C13 inom Life IP Rich Waters

Version/datum: 2022-05-17

Rapporten bör citeras enligt följande: Hill, C. Kling, S. Barthel Svedén, J. (2022). Aluminiumbehandling av Norrviken för att minska övergödning – effekter på sjöns miljötillstånd. Delprojekt C13 inom Life IP Rich Waters Calluna AB.

Foton i rapporten: © Calluna AB där inget annat anges

Omslag: Bilden föreställer Norrviken under aluminiumbehandling juni 2020. Foto: Towe Holmborn, Sollentuna kommun

Ansvar för innehållet ligger helt hos författarna. Innehållet återspeglar inte Europeiska unionens hållning.

OM UPPDRAGET:

På uppdrag av: Sollentuna kommun (Norra Malmvägen 143, 191 86 Sollentuna)

Uppdragsgivarens kontaktperson: Towe Holmborn (towe.holmborn@sollentuna.se)

Utfört av: Calluna AB (organisationsnummer: 556575-0675)
Adress huvudkontor: Linköpings slott, 582 28 Linköping
Hemsida: www.calluna.se
Telefon (växel): +46 13-12 25 75

Projektledare: Sofia Kling (Calluna AB)

Rapportförfattare: Cathy Hill (Aquamarine Catalyst), Sofia Kling, Jennie Barthel Svedén (Calluna AB)

GIS och kartproduktion: Andreas Souropetsis (Calluna AB)

Kvalitetssäkring: Annika Delbanco (Calluna AB)

Callunas interna projektkod: NEH0012e

Innehåll

1	Summary	4
2	Inledning	4
	Uppdrag och syfte.....	4
	Sjön Norrviken	5
3	Metod och genomförande	6
3.1	Fysikalisk-kemiska parametrar	9
3.2	Växtplankton.....	10
3.3	Djurplankton	10
3.4	Bottenfauna	10
3.5	Makrofyter	10
3.6	Fisk.....	11
3.7	Miljögifter hos abborre	13
3.8	Tillstånds- och statusklassningar	14
4	Resultat och diskussion	15
4.1	Fysikalisk-kemiska parametrar	15
4.2	Växtplankton.....	23
4.3	Djurplankton	26
4.4	Bottenfauna	29
4.5	Makrofyter	31
4.6	Fisk.....	33
4.7	Miljögifter i abborre.....	36
4.8	Betydelsen av aluminiumbehandlingen av Norrviken – idag och i framtiden	38
5	Slutsatser	40
	Lägre halter av näringsämnen	41
	Klarare vatten.....	41
	Fortsatt syrebrist i den djupaste delen av sjön.....	41
	Fortsatt måttlig status hos växtplanktonsamhället.....	41
	Djurplanktonsamhället visar näringsrika förhållanden.....	41
	Bottenfaunan visar fortsatt näringsrika och syrefattiga förhållanden.....	41
	Något bättre status för makrofyter.....	42
	Ingen tydlig förändring i status för fisksamhället i sjön.....	42
	Miljögifter i abborre: möjlig ökning av kvicksilverhalten, möjlig minskning av PFOS	42
	Referenser	43

Bilaga 1 Provtagningsfrekvenser

1 Summary

As a part of the EU-project LIFE IP Rich Waters, Lake Norrviken was treated with aluminum in 2020, as a measure to bind phosphorus, mitigate internal nutrient load and improve water quality. Sampling and analyses of chemical, physiological and biological parameters have been performed before, during and after the treatment. This report aims to assess the results.

So far, concentrations of phosphorus in the water column have been reduced, and the ecological status regarding nutrients (total phosphorus) has increased from *bad* before treatment to *good* after the treatment (values from August). In addition, the status regarding secchi depth (values from August) has increased from *moderate* to *high*, indicating improved light conditions. The phytoplankton biomass has decreased but the prevailing *moderate* status indicates that more time is needed for the community to adapt to the new trophic level and achieve *good* status. The zooplankton community still indicates nutrient rich conditions. As a probable result of the increased water clarity, the most common macrophyte species have increased their distribution post-treatment. The ecological status of the macrophyte community has improved, but is however still assessed as *moderate*, and it is likely that rarer species need more time to colonize. The oxygen situation in the bottom water is still assessed as *bad*, and the benthic fauna community even showed a decrease in status after the treatment. It is possible that the treatment has a short-term negative effect, and that positive effects of reduced primary production and sedimentation will appear in a few years. A slight improvement was seen regarding the fish community post-treatment, whereas conclusions regarding the concentrations of pollutants in fish will need further investigations.

In conclusion, the aluminum-treatment of Norrviken has been successful in terms of reducing the phosphorus concentration and increasing water clarity. Further investigations are needed to follow and determine current and expected positive effects on biological parameters, as well as to study the longevity of the treatment.

2 Inledning

Uppdrag och syfte

EU-projektet LIFE IP Rich Waters genomförs under 2017–2024 för att förbättra vattenmiljön i Norra Östersjöns vattendistrikt. LIFE IP Rich Waters består av 20 delprojekt som utvecklar och testar nya metoder och åtgärder som stöd för vattenförvaltningsarbetet. Inom delprojekt C13 "Be-gränsning av internbelastning av fosfor – aluminiumfällning i Norrviken" har en aluminiumbehandling av botten sediment utförts i sjön för att minska effekterna av övergödning i Norrviken (LIFE IP Rich Waters 2022).

Under perioden har övervakning av fysikalisk-kemiska och biologiska parametrar genomförts inför och efter aluminiumbehandlingen av Norrviken. I denna rapport görs en utvärdering av behandlingens effekter. Kontrollprogrammet för Norrviken utgör en viktig del i uppföljningen och utvärderingen av delprojekt C13. Kontrollprogrammet används för att utvärdera om behandlingen varit framgångsrik med avseende på minskade halter av fosfor och övergödningssymptom i Norrviken samt om behandlingen förändrar upptaget av miljögifter i fisk (Sollentuna kommun m. fl. 2017).

Detta uppdrag om uppföljning av effekterna av aluminiumbehandling av sediment i Norrviken (Delprojekt C13 inom Life IP Rich Waters) genomfördes av Calluna AB med underkonsulter genom upphandling under våren 2017. Arbetet har bedrivits inom projektet LIFE IP Rich Waters. Stöd har beviljats av EU/LIFE och Havs- och Vattenmyndigheten. Ansvaret för innehållet ligger helt hos författarna. Innehållet återspeglar inte Europeiska unionens hållning.

Sjön Norrviken

Norrviken är en långsmal, näringsrik sprickdalssjö som ligger inom Oxundaåns avrinningsområde och delas av Upplands Väsby och Sollentuna kommuner. Sjön har en yta på 2,6 km², ett medeldjup på drygt 5 m, och ett största djup på drygt 12 m (Sollentuna kommun 2022).

Från början av 1900-talet och fram till 1970-talet tog Norrviken emot spillvatten från jästfabriken, från andra industriella verksamheter och från bebyggelsen runt sjön. Norrviken drabbades av omfattande algblomningar av släktet *Microcystis* och under 1947 behandlades sjön med stora mängder kopparsulfat (3000 kg kopparsulfat, motsvarande 1195 kg koppar) för att förhindra algblomningarna.

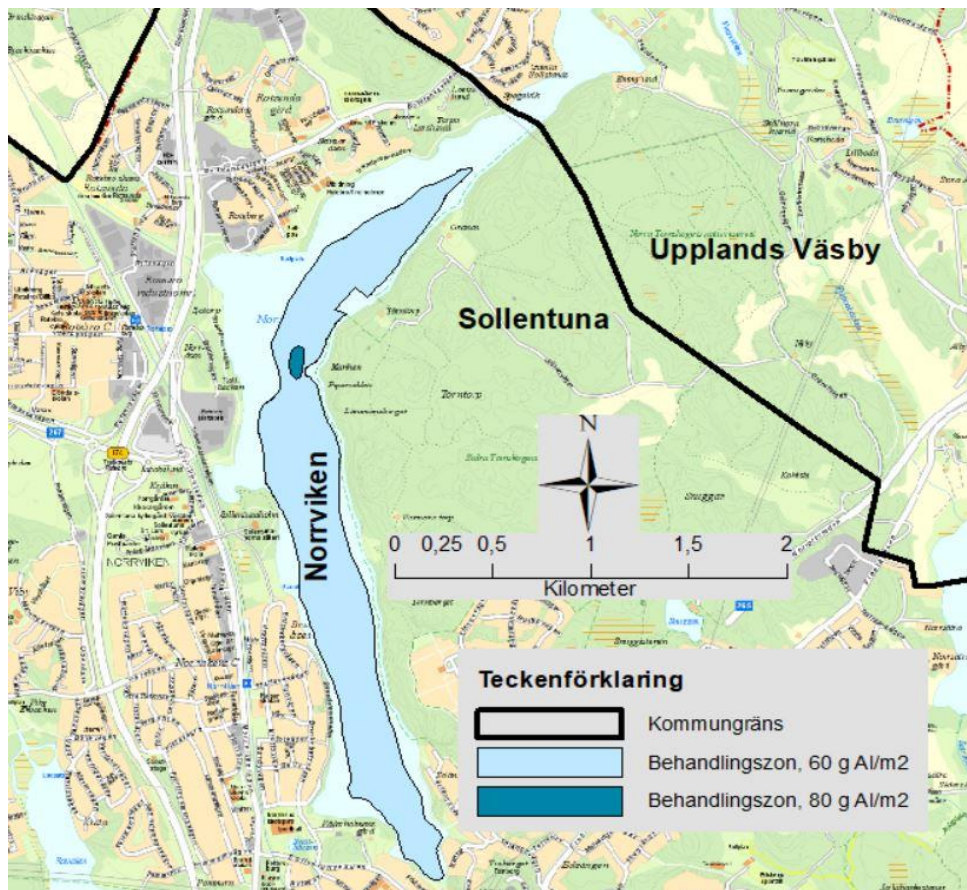
Norrviken har under lång tid uppvisat symptom på övergödning, såsom höga halter av näringsämnena fosfor och kväve och en stark påverkan på vattenlevande växter och djur. Sjön har även problem med miljögifter, exempelvis gränsvärdesöverskridande halter av det fluorhaltiga ämnet PFOS. Vattenmyndigheten för Norra Östersjöns vattendistrikt bedömer att Norrviken inte uppnår god kemisk status och har otillfredsställande ekologisk status (VISS 2022a). Stor näringstillförsel har orsakat höga halter av fosfor i Norrviken, följt av en hög produktion av mikroskopiska alger, syrebrist på sjöbotten vid nedbrytning av algerna, och en frisättning av fosfor från de syrefria bottenarna. Resultatet blir en ond cirkel med intern gödning av fosfor som frisätts och som leder till hög produktion, även vid minskad näringstillförsel från avrinningsområdet.

Upplands Väsby och Sollentuna kommuner har i samarbete med Länsstyrelsen i Stockholm genomfört aluminiumbehandling av Norrvikens botten för att binda fosfor i sjöbotten, minska sjöns interna fosforbelastning, minska övergödningen och förbättra vattenkvaliteten. Behandlingen genomfördes under perioden 1 april till 8 juli 2020 av Vattenresurs AB med 936,33 ton polyaluminiumkloridlösning av typen Ekoflock 96 från tillverkaren Feralco Nordic AB. Aluminiuminnehållet i lösningen var $9,6 \pm 0,3$ viktprocent vilket ger en total tillsats om cirka 90 ton aluminium till sjön. Alla botten djupare än 4 meter inom Sollentuna kommun behandlades. Hela behandlingsområdet (136 ha), undantaget ena djuphålan, behandlades med cirka 60 g Al/m², medan djuphålan (cirka 1 ha) fick ytterligare cirka 20 g Al/m² (Figur 1). Behandlingen genomfördes med flera överfarer med lägre doser (10–15 g Al/m²). Nedharvningsmetoden användes vilket innebar att de översta 20 cm av sedimenten behandlades. Kontroll av arbetsdjup i sedimenten skedde kontinuerligt med kameraövervakning av spridarrören. I samband med behandlingen fastnade diverse skräp (textspökgarn) på spridaren vilket togs om hand och kasserades.

De förväntade resultaten av aluminiumbehandlingen av sjön Norrviken (delprojekt C13 inom LIFE IP Rich Waters) var följande:

- Minskade halter av fosfor i vattenpelaren.
- En förbättring av näringsstatusen från *dålig* till *god* eller *hög* om restaureringsåtgärden har lyckats.
- Förbättrade ljusförhållanden som ett resultat av minskad grumlighet, mätt som ökat siktdjup (Secchi-djup). Förbättrad status vad gäller ljusförhållandena, dvs en ökning från *måttlig* till *god* eller *hög*.
- Minskad biomassa av växtplankton och minskad grumlighet. Minskade algblomningar och generell minskning av biomassan växtplankton. Statusklassningen av växtplankton ökar från *måttlig* till *god* eller *hög*.
- Förbättrade syreförhållanden i de djupaste delarna av sjön som ett resultat av mindre sedimentering av partikulärt organiskt material som förbrukar syre.
- Ökad utbredning av makrofyter, både vad gäller djupfördelning och ytmässigt. Exempelvis ökad utbredning av makrofyter som ett resultat av förbättrade ljusförhållanden. En ökning av statusen för makrofyter från *dålig* till *god* eller *hög*.

- Ökad utbredning av djurplankton och fisk, både vad gäller djupfördelning och ytmässigt. Statusen hos fisksamhällena i sjön (statusklassificering med hjälp av bedömningsindexet EQR8) ska öka från *måttlig* till *god*.
- Förbättrade kunskaper om effekterna av aluminiumbehandlingen på den interna massbalansen i sjön och effekterna på sjöns växter och djur.
- Kemisk status i fisk ska övervakas och vid behov genomförs lämpliga åtgärder (utanför projektet) för att minska risken för negativa trender i sjön och avrinningsområdet.



Figur 1. Kartan visar behandlingszoner för aluminiumbehandling av Norrvikens botten 2020. Karta från Towe Holmborn, Sollenntuna kommun.

3 Metod och genomförande

Övervakning av Norrvikens miljötillstånd genomfördes enligt kontrollprogrammet som har tagits fram av Sollenntuna kommun, Upplands Väsby kommun och Länsstyrelsen i Stockholm, vilka alla tre är partners i delprojekt C13 i EU-projektet LIFE IP Rich Waters (Sollenntuna kommun m.fl. 2017). Kontrollprogrammet omfattade provtagning av näringsförhållanden, temperatur, syrgashalt, surhetsgrad (pH), ljusförhållanden (siktdjup och absorbans), grumlighet, växtplankton, djurplankton, bottenfauna, makrofyter, fisk och miljögifter i abborre (Tabell 1).

Aluminiumbehandling av Norrviken för att minska övergödning – effekter på sjöns miljötillstånd

Tabell 1. Dataunderlag för utvärdering av resultaten av aluminiumbehandlingen av sjön Norrviken enligt kontrollprogrammet för LIFE IP Rich Waters action C13. Provtagning av olika parametrar.

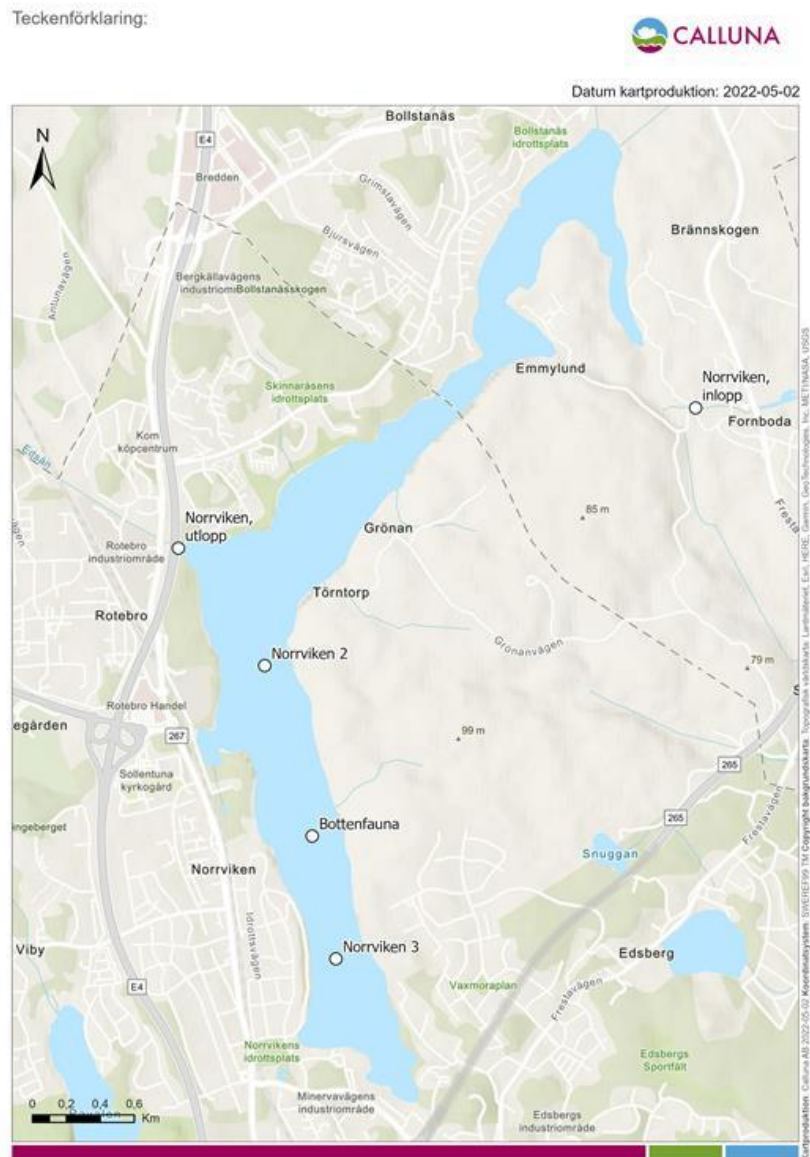
Parameter	Område	Provtagning	Variabler
Fys-kem-variabler A	Station "Norrviken 3" i djupaste delen av Norrviken, vattendjup 11 meter (Figur 1).	<ul style="list-style-type: none"> Provtagning vid tre olika djup (0,5 m, 2 m över botten, samt 0,5–1 m över botten) Provtagning minst 6 gånger per år från 2017–2021. Se provtagnings-schema i Bilaga 1 	<ul style="list-style-type: none"> Fosfatfosfor (PO₄) Totalfosfor (Tot P) Nitratkväve + nitritkväve (NO₂+NO₃) Ammoniumkväve (NH₄) Totalkväve (Tot N) Alkalinitet pH Turbiditet
Fys-kem-variabler B	Station "Norrviken 3" i djupaste delen av Norrviken, vattendjup 11 meter (Figur 1).	<ul style="list-style-type: none"> Provtagning samkördes med Fys-kem-variabler A (se ovan). 	<ul style="list-style-type: none"> Siktdjup (med vattenkikare) Syreprofil (varje meter avläses i fält) Temperaturprofil (varje meter avläses) Klorofyll a (0,5 m djup)
Fys-kem-variabler	Station "Norrvikens utlopp" vid sjöns utlopp vid Edsån och Norrvikens inlopp vid Hagbyån (Figur 1).	<ul style="list-style-type: none"> 12 gånger/år 2017–2021 	<ul style="list-style-type: none"> Absorbans, ofiltrerad/filtrerad Aluminium (endast under 2019) Fosfatfosfor (PO₄) Totalfosfor (Tot P) Nitratkväve + nitritkväve (NO₂+NO₃) Ammoniumkväve (NH₄) Totalkväve (Tot N) TOC Alkalinitet pH Turbiditet Konduktivitet Sulfat (SO₄) Kisel K, Na, Mg, Ca, Cl, F Klorofyll Al, Fe, Mn (2019) DOC (Norrvikens utlopp år 2017, 2018, 2020)
Aluminium	Station "Norrviken 3" i djupaste delen av Norrviken, vattendjup 11 meter (Figur 1).	<ul style="list-style-type: none"> Data endast från provet från 2 m över botten (samkördes med Fys-kem A på detta djup). 	<ul style="list-style-type: none"> Fraktionering av aluminium i vatten
Växtplankton	Station "Norrviken 3" i djupaste delen av Norrviken, vattendjup 11 m (Figur 1).	<ul style="list-style-type: none"> Provtagning årligen (sommar) 2017–2021 	<ul style="list-style-type: none"> Antal per liter för ingående taxa. Biovolym per liter för ingående taxa Fullständig artlista baserad på det kvalitativa provet.
Djurplankton	Station "Norrviken 2" (Figur 1).	<ul style="list-style-type: none"> Årligen 2017–2021 	<ul style="list-style-type: none"> Antal djur Biomassa
Bottenfauna	Data från 5 punkter inom en radie på 100 m från fixpunkt (Figur 1).	<ul style="list-style-type: none"> 2014 och 2021 	<ul style="list-style-type: none"> Antal taxa Antal individer Fjädermyggselarver totalt Fjädermyggselarver med mundelsskador
Makrofyter	Data från 12 transekter (Figur 2).	<ul style="list-style-type: none"> 2017 och 2021 	<ul style="list-style-type: none"> Beskrivning av undervattensväxter vid olika djup Notering av flytväxter

Aluminiumbehandling av Norrviken för att minska övergödning – effekter på sjöns miljötillstånd

Parameter	Område	Provtagning	Variabler
			<ul style="list-style-type: none"> Siktdjup (Secchi-skiva och vattenkikare)
Fisk	Standardiserat provfiske med 32 nät (Figur 3).	<ul style="list-style-type: none"> 2016 och 2021 	<ul style="list-style-type: none"> Antal arter Antal individer Längd Fångst/nätansträngning Temperatur Siktdjup
Miljögifter i abborre	Provtagning i Edsvikens södra bassäng (söder om utloppet, Edsån) (Figur 4).	<ul style="list-style-type: none"> 2017 och 2021 	<ul style="list-style-type: none"> Metaller (As, Cd, Pb, Hg, Cu, Ni, Zn) PBDE, 13 substanser PFAS, 11 substanser inkl. PFOS PCB:er, 7 substanser Fetthalt Analyser av kväve-isotoper Ålder Längd Våtvikt Konditionsfaktor

3.1 Fysikalisk-kemiska parametrar

Provtagning av fysikalisk-kemiska parametrar enligt undersökningsmetod från Havs- och Vattenmyndigheten, Vattenkemi i sjöar 1:4, 2016-11-01 (HaV 2016a) 2017–2021 genomfördes av Calluna AB vid station Norrviken 3, medan provtagning av absorbans och fosfor vid Norrvikens utlopp provtogs av Länsstyrelsen i Stockholms län enligt motsvarande metod för vattendrag (HaV 2016b) under samma period (Figur 2). Data från Norrvikens utlopp har erhållits från Länsstyrelsen i Stockholms län. Se avsnitt 3.8 *Tillstånd och statusklassningar* för information om statusbedömningar av fysikalisk-kemiska parametrar.



Figur 2. Översikt över alla provtagningspunkter för fys-kem-variabler, växtplankton, djurplankton och bottenfauna i Norrviken enligt kontrollprogrammet för LIFE IP Rich Waters action C13.

3.2 Växtplankton

Calluna AB utförde provtagning av växtplankton enligt undersökningsmetod från Havs- och Vattenmyndigheten, Växtplankton i sjöar 1:4, 2016-11-01 (HaV 2016c) juli–oktober 2017–2021 vid station Norrviken 3 (samt ytterligare månader, se tabell 4). Provtagning av växtplankton utfördes också vid punkten Norrviken 2 under juli–augusti 2014–2021 som en del av den regionala miljöövervakningen (Länsstyrelsen Stockholm 2015a, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022) (Tabell 1; Figur 2). Se avsnitt 3.8 *Tillstånd och statusklassningar* för information om statusbedömningar av växtplankton.

3.3 Djurplankton

Djurplanktonsamhället i Norrviken har provtogs vid Norrviken 2 årligen under sommaren (juli–augusti) från 2014 till 2021 (Tabell 1; Figur 2), som en del av den regionala miljöövervakningen (Länsstyrelsen Stockholm 2015a, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022). För provtagningsmetod hänvisas till nämnda rapporter. Bedömning av status har gjorts enligt expertbedömning då bedömningsgrunder i dagsläget saknas.

3.4 Bottenfauna

Bottenfaunan i Norrviken undersöktes under hösten 2014 av Medins Havs- och Vattenkonsulter och under hösten 2021 av Calluna AB. Vid båda provtagningarna följde man den standardiserade metoden SS 02 81 90 (SIS 1986). År 2014 följdes anvisningarna i Naturvårdsverkets handledning för miljöövervakning (Naturvårdsverket 2010) medan man 2021 följde uppdaterade anvisningar i Havs- och Vattenmyndighetens handledning undersökningstyp: bottenfauna i sjöars profundal och litoral (HaV 2016d). Provtagningsmetoden skiljer sig dock inte åt mellan handledningarna. Bottenfaunaprover togs i mellanbottenzonen (sublitoralen) vid Norrviken 2 (endast 2014) och i djupzonen (profundalen) i centrala Norrviken där största djupet är 10 meter (2014 och 2021; Figur 1). Vid undersökningen 2014 bedömdes status enligt de äldre bedömningsgrunderna (Naturvårdsverket 2010, HaV 2013) medan undersökningen 2021 bedömdes enligt HaV (2018a, 2019).

3.5 Makrofyter

Calluna AB inventerade makrofyter i Norrviken under augusti 2017 och augusti 2021 (Olbers 2017, Sandsten & Kling 2021). Dessförinnan har två inventeringar av makrofyter genomförts, under 2008 respektive 2010 (Gustafsson 2008, Arvidsson 2010). Makrofytinventeringarna gjordes enligt undersökningstypen Makrofyter i sjöar version 3, 2015-06-26 (HaV 2015), med tillägg enligt Sollentunas kontrollprogram (Sollentuna kommun m. fl. 2017). Vid undersökningarna 2017 och 2021 inventerades Norrvikens makrofyter längs med 12 transekter med samma startpunkter

som 2010-års undersökning (Arvidsson 2010; Figur 3). Bedömning av den ekologiska statusen med avseende på makrofyter gjordes enligt HaV (2013).

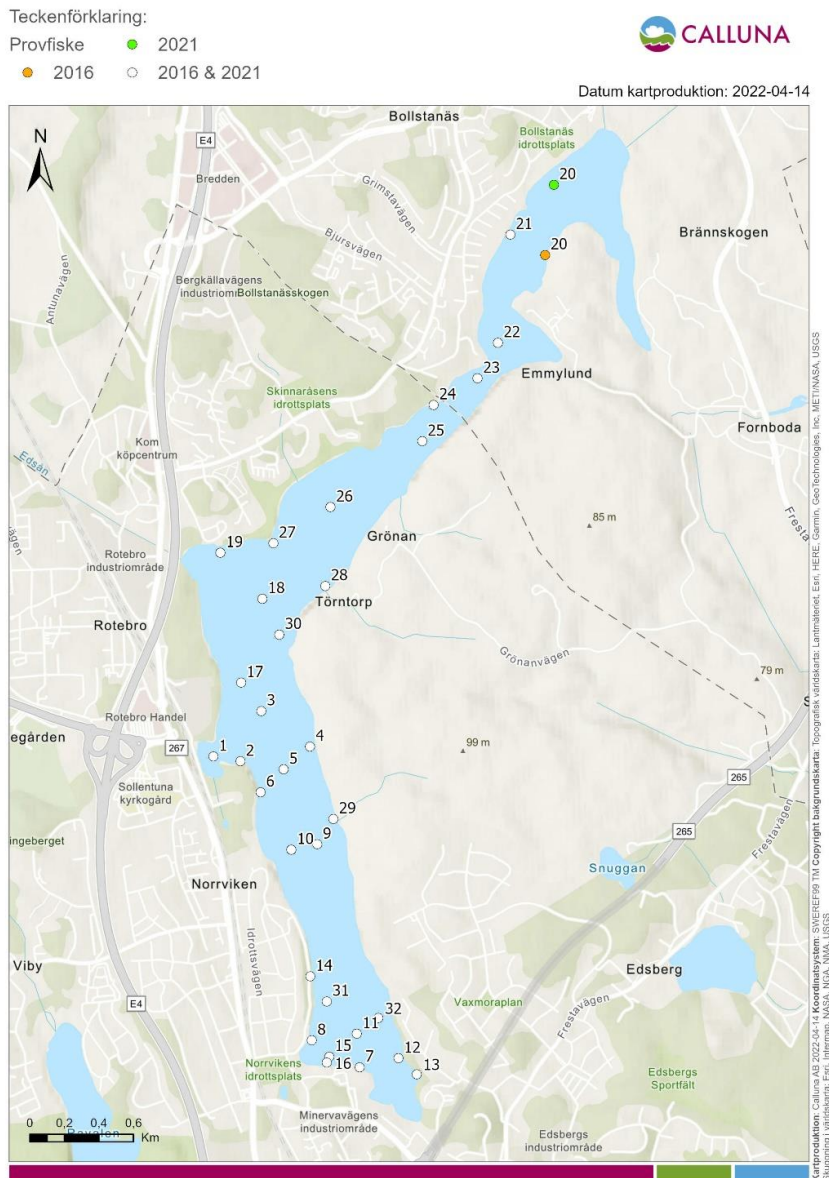


Figur 3. Kartan visar alla transekter för inventering av makrofyter i Norrviken enligt kontrollprogrammet för LIFE IP Rich Waters action C13.

3.6 Fisk

Provfiske utfördes under hösten 2016 av Naturvatten i Roslagen AB (Lindqvist & Jansson 2016) och hösten 2021 av Medins Havs- och Vattenkonsulter (Bergh 2021). Vid provfisket 2016 användes standardiserat provfiske enligt Havs- och Vattenmyndighetens programområde sötvatten och undersökningstypen Provfiske i sjöar (HaV 2013). Under 2021 utfördes motsvarande provfiske i

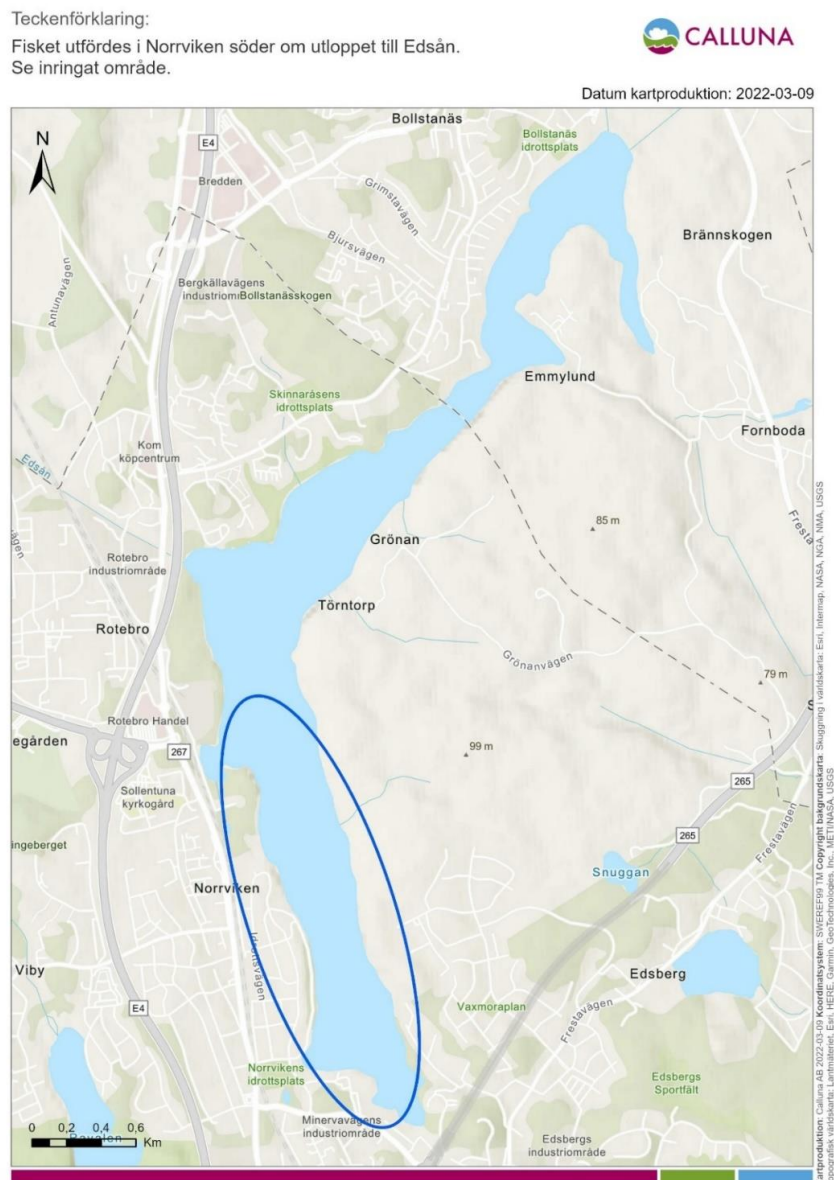
enlighet med den standardiserade metoden SS-EN 14757:2015 samt Havs- och vattenmyndigheten handledning för miljöövervakning (SIS 2015, HaV 2016). Provfiskena omfattade 32 botten-satta översiktsnät av typen Norden12 och näten placerades vid samma platser bortsett från två (nät 20 och 21) som har annan position 2021 jämfört med 2016 (Figur 4). Bedömning av den ekologiska statusen gjordes enligt HaV 2013 (2016 års provfiske) respektive 2019 (2021 års provfiske).



Figur 4. Nätplacering vid provfisket i sjön Norrviken enligt kontrollprogrammet för LIFE IP Rich Waters action C13.

3.7 Miljögifter hos abborre

Undersökningar av miljögifter i abborre har genomförts av Medins Havs- och Vattenkonsulter AB. Miljögifter i abborre undersöktes före behandlingen i augusti 2017 (Engdahl & Bergh 2017) och efter behandlingen i augusti 2021 (Forssén m.fl. 2021). För beskrivning av metod hänvisas till nämnda rapporter. Syftet var att utvärdera om behandlingen har förändrat upptaget av miljögifter i abborre. Fisket utfördes i Norrviken, söder om Edsåns utlopp (Figur 5) under både 2017 och 2021. Analyser utfördes på samlingsprov för olika storleksklasser av abborre.



Figur 5. Området i sjön Norrviken där fiske utfördes för provtagning av miljögifter i abborre enligt kontrollprogrammet för LIFE IP Rich Waters action C13.

3.8 Tillstånds- och statusklassningar

Tillstånds- och statusklassningar utgår främst från de nya föreskrifterna HaV (2019) och dess förlaga Hav (2013) om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten. Bedömningsgrunderna är framtagna efter krav från EU:s vattendirektiv att samtliga vattenförekomster (inom olika tidsramar) ska uppnå *god* status. Statusklassning med avseende på totalfosfor i Norrviken (närlingsämnen i sjöar) har gjorts utifrån data från Norrviken 3, vilket är den sjöstation som ingår i kontrollprogrammet och som har provtagits mest frekvent under perioden. För parametrar som inte ingår i de nya föreskrifterna (turbiditet, absorptions) har Naturvårdsverkets äldre bedömningsgrunder från 1999 använts för klassning. För en parameter (djurplankton) saknas bedömningsgrund helt i nuläget.

Gemensamt för bedömningsgrunderna (HaV 2019, Naturvårdsverket 1999) är den femgradiga skalan som används för att beskriva den ekologiska statusen för biologiska och fysikalisk-kemiska parametrar och kvalitetsfaktorer. I de nu gällande bedömningsgrunderna (HaV 2019) benämns statusklasserna *hög*-, *god*-, *måttlig*-, *otillfredsställande*- och *dålig* status, vilket grovt sett kan jämföras med klass 1–5 i den gamla bedömningsgrunden, där klass 1 är den högsta statusklassen och klass 5 är den lägsta statusklassen (Tabell 3).

Tabell 3. Benämningar och statusfärger för gällande (HaV 2019) respektive gamla (Naturvårdsverket 1999) bedömningsgrunderna.

Statusklasser benämning Hav 2019	Statusklasser benämning Naturvårdsverket 1999
Hög status	Klass 1
God status	Klass 2
Måttlig status	Klass 3
Otillfredsställande status	Klass 4
Dålig status	Klass 5

Statusklassificering enligt HaV (2019) utförs genom att man räknar ut ekologiska kvalitetskvoter (EK-värden). EK-värden motsvarar förhållandet mellan observerade värden för en specifik parameter i en ytvattenförekomst och de referensvärden som är tillämpliga på denna ytvattenförekomst. Kvoten uttrycks som ett numeriskt värde mellan 0 och 1, där hög ekologisk status motsvaras av värden nära ett (1) och dålig ekologisk status motsvaras av värden nära noll (0).

Årliga bedömningar av den ekologiska statusen hos växtplanktonsamhället har gjorts utifrån prov från den djupaste delen av Norrviken (Norrviken 3; Figur 2) under 2017, 2018, 2019, 2020 och 2021 (Pelagia 2018a, 2018b, 2020a, 2020b, 2021). Bedömningsgrunderna för växtplankton har dock förändrats under perioden. Statusbedömningen av växtplanktonsamhället utgick tidigare från delparametrarna biomassa, andel cyanobakterier (blågröna bakterier) och ett trofiskt index för växtplankton (TPI), som indikerar om sjön är eutrof (närlingsrik) eller oligotrof (närlingsfattig). Vid uppdatering av bedömningsgrunderna togs den ingående parametern cyanobakterier bort och klorofyll lades till, och det trofiska indexet TPI ändrades till PTI (plankton trofiskt index). År 2017 och 2018 bedömdes enligt tidigare föreskrifter (HaV 2013). År 2019 bedömdes enligt både gamla och nya bedömningsgrunder, medan 2020 och 2021 har bedömts enligt de nya, nu gällande föreskrifterna (HaV 2018b och 2019). Jämförelser mellan år ska därför göras med viss försiktighet.

I föreliggande rapport görs jämförelser mellan perioden *före* och *efter* aluminiumbehandlingen. Perioden *före* behandlingen innefattar provtagningar från 2017 (maj–november), 2018 (februari, april, juli–november), 2019 (februari, april, juli–november) samt 2020 (februari–mars). Behandling utfördes under perioden april–juli 2020. Perioden *efter* behandling innefattar provtagningar från 2020 (augusti–november) samt 2021 (februari, april, juli–november). Se även bilaga 1. Erhållna data från Norrvikens utlopp (Edsån) består av månatliga mätvärden januari 2017 till december 2021. I rapporten anges löpande vilka data som ingår i figurer och bedömningar. I vissa fall används samtliga data från *före* respektive *efter* behandling. Eftersom provtagningarna är ojämnt fördelade över årstiderna *före* jämfört med *efter* behandling används i indikerade fall endast augusti-värden, för att göra de två perioderna mer jämförbara.

4 Resultat och diskussion

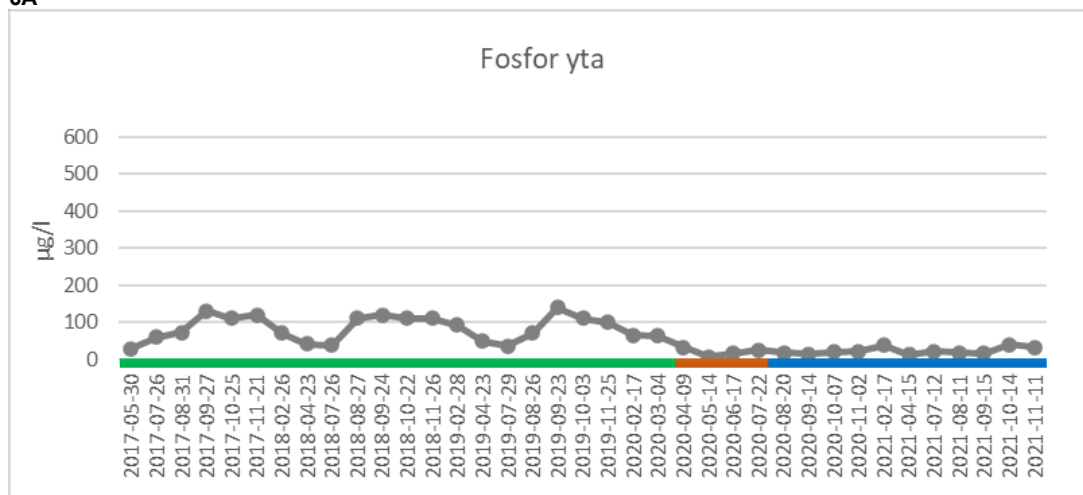
4.1 Fysikalisk-kemiska parametrar

Vattenkemiska undersökningar i sjöar syftar till att beskriva tillstånd och förändringar med avseende på kemiska förhållanden. De kemiska förhållandena utgör en viktig del av livsvillkoren för levande organismer och avspeglar även tillståndet i marken i sjöarnas tillrinningsområden. Resultaten används för att bedöma sjöarnas tillstånd samt påverkan från bland annat utsläpp och markanvändning (HaV 2016a).

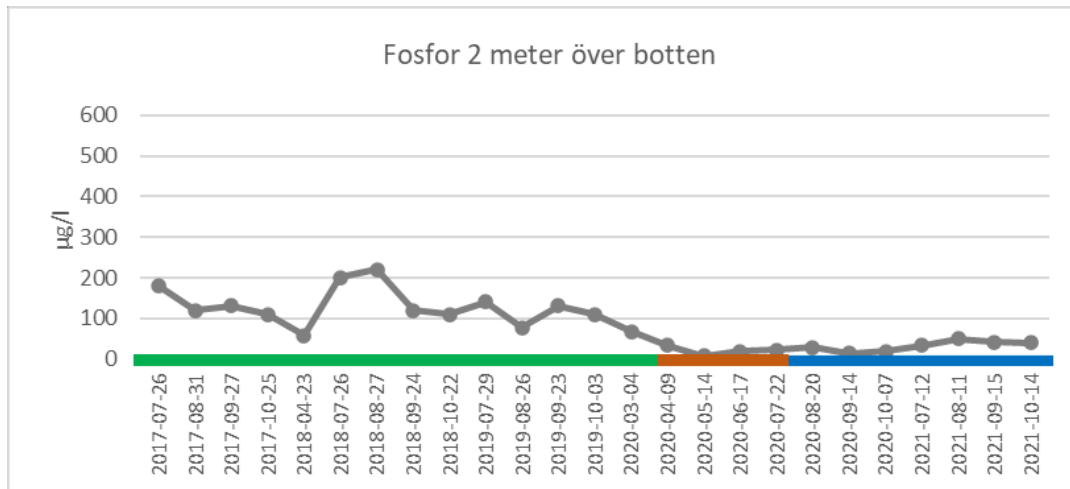
Fosfor Norrviken 3

Tidsserier över den totala mängden fosfor (totalfosfor) vid station Norrviken 3 visar att fosforhalten i vattenpelaren var märkbart lägre under tiden efter aluminiumbehandlingen, jämfört med tiden före behandlingen (Figur 6). Samma skillnad syns på alla tre djupnivåer i vattenpelaren.

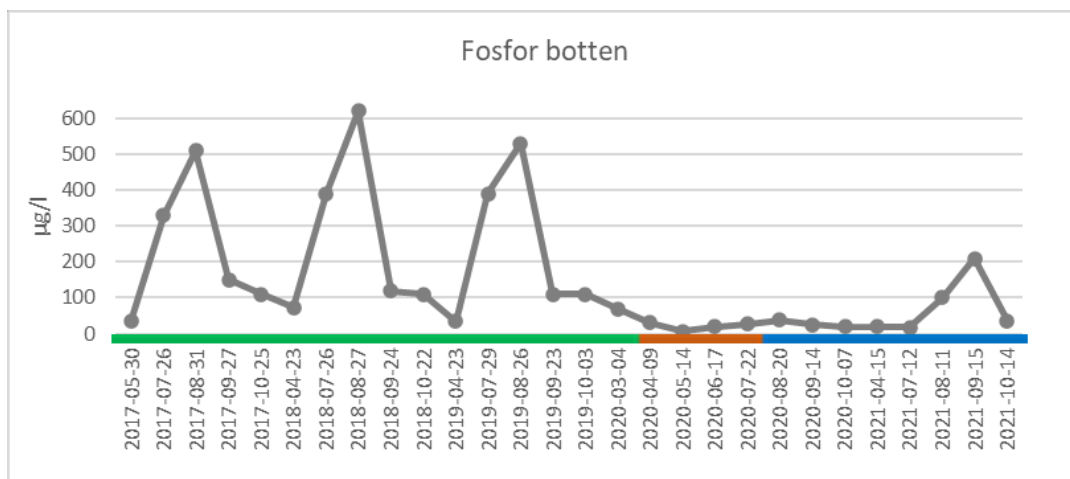
6A



6B



6C

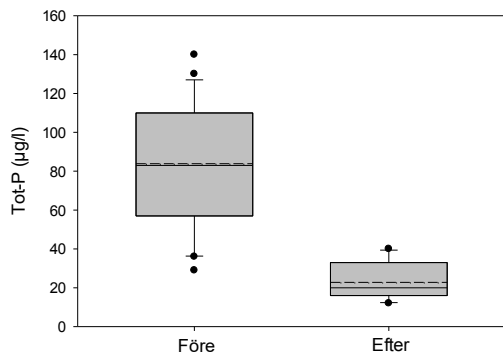


Figur 6. Tidsserier över fosfor (totalfosfor, µg per liter) på tre olika djup vid station Norrviken 3 åren 2017–2021. Totalfosfor mättes i vattenprover tagna vid ytan (5A), 2 meter över botten (5B), respektive vid botten (cirka 11 meters djup) (5C). De tre perioderna före, under och efter aluminiumbehandling är färgmarkerade på x-axeln; före behandling=grön, under behandling=brun, och efter behandling=blå.

Medianvärdena av samtliga uppmätta totalfosforhalter vid Norrviken 3 visar också att fosforhalterna i vattenpelaren var tydligt lägre efter aluminiumbehandlingen, jämfört med före behandlingen (Figur 7). Det gäller för hela vattenpelaren, dvs vid ytan, 2 meter ovanför sjöns botten, och på cirka 11 meters djup (Figur 7).

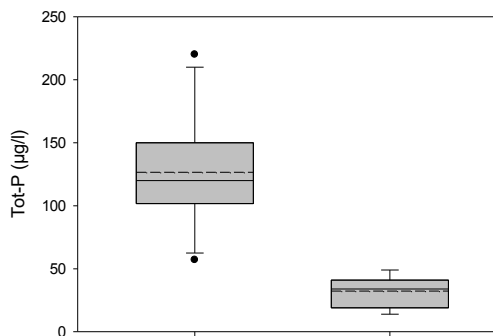
7A

Norrviken 3, yta



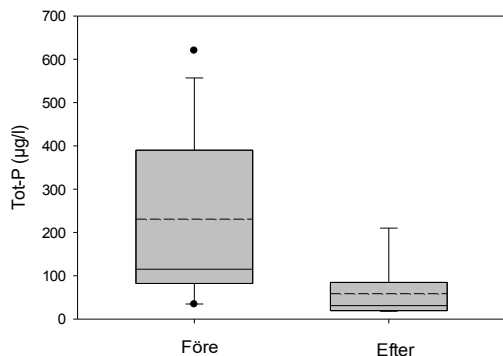
7B

Norrviken, 2 m över botten



7C

Norrviken 3, botten

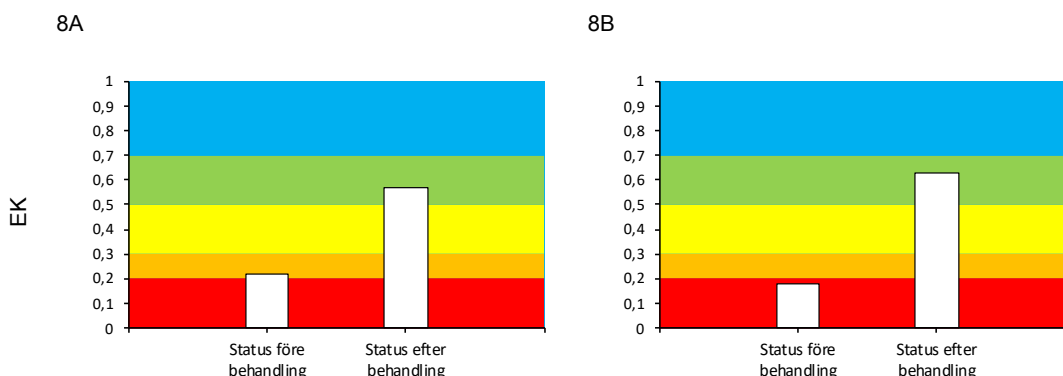


Figur 7. Medianvärden av samtliga mätningar av fosfor (Tot-P, µg per liter) i vattenpelaren vid station Norrviken 3 före (maj 2017-mars 2020) respektive efter (augusti 2020-november 2021) aluminiumbehandlingen av sjöns botten. Vattenprover togs vid ytan, 2 meter över botten, respektive vid botten (cirka 11 meters djup). Box-diagrammen visar medianvärdet (heldragen linje) för totalfosfor samt två spridningsmått; 25:e och 75:e percentilen respektive 10:e och 90:e percentilen. Streckad linje indikerar medelvärde.

Klassningen av näringsstatusen enligt HaV (2019) vid Norrviken 3 visar att med avseende på totala halten fosfor (Totalfosfor) förbättras sjöns näringsstatus från *otillfredsställande* (EK 0,22) före aluminiumbehandlingen till *god* (EK 0,57) efter behandlingen, om samtliga uppmätta värden 2017–2021 tas med i bedömningen (Figur 8A). Om bedömning görs på endast augusti-värden förbättras status från *dålig* (EK 0,18) till *god* (EK 0,63) före respektive efter behandling (Figur 8B).



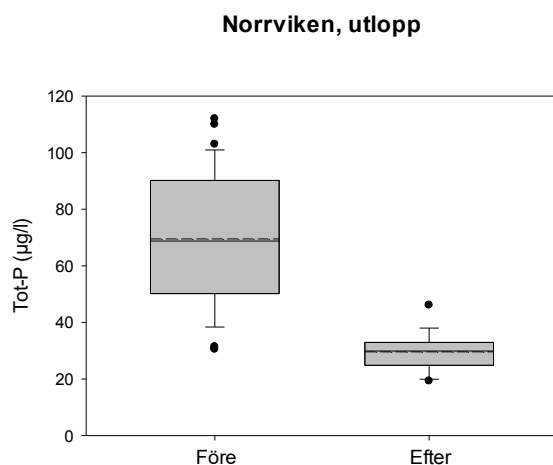
Fosfor Norrviken 3



Figur 8. Ekologisk status (baserat på EK-värde) för sjön Norrviken med avseende på fosfor (Totalfosfor) vid sjöns station Norrviken 3 baserat på A) samtliga uppmätta värden före (maj 2017-mars 2020) respektive efter (augusti 2020-november 2021) aluminiumbehandlingen och B) endast augusti-värden före (2017–2019) respektive efter (2020–2021) behandling.

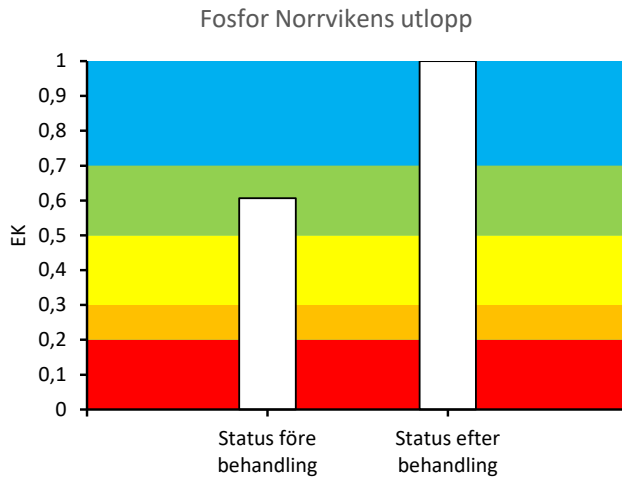
Fosfor Norrvikens utlopp

Halterna av fosfor minskade även i vattnet från Norrvikens utlopp vid Edsån. Medianvärdena för halten av totalfosfor vid station Norrviken utlopp var tydligt lägre efter aluminiumbehandlingen jämfört med före behandlingen (Figur 9).



Figur 9. Medianvärden av samtliga mätningar av fosfor (Tot-P, µg per liter) vid Norrvikens utlopp före (maj 2017-mars 2020) respektive efter (augusti 2020-december 2021) behandling av Norrvikens bottnar med aluminium. Box-diagrammen visar medianvärdet (heldragen linje) för totalfosfor samt två spridningsmått; 25:e och 75:e percentilen respektive 10:e och 90:e percentilen. Streckad linje indikerar medelvärde.

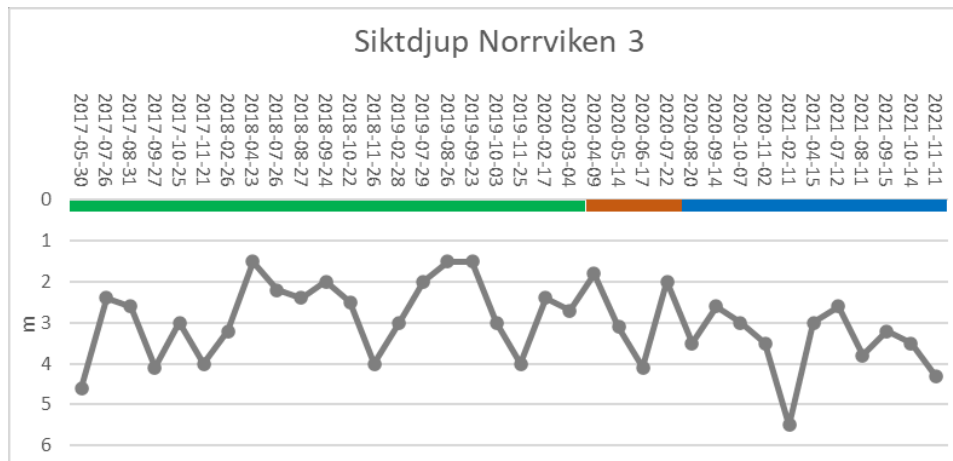
Statusklassning av vattnet vid Norrvikens utlopp (bedömning av vattendrag enligt HaV 2019) visar att näringsstatusen med avseende på totalfosfor förbättrades från *god* (0,61) före aluminiumbehandlingen till *hög* (>1) efter behandlingen (Figur 10). Bedömningen gjordes på samtliga månadsvisa uppmätta värden vid provpunkten, före (januari 2017 till mars 2020) respektive efter (augusti 2020 till december 2021) behandling.



Figur 10. Ekologisk status (baserat på EK-värde) vid Norrvikens utlopp med avseende på totalfosfor före (januari 2017-mars 2020) respektive efter (augusti 2020-december 2021) aluminiumbehandlingen. Samtliga tillgängliga månatliga mätvärden ingår i bedömningen.

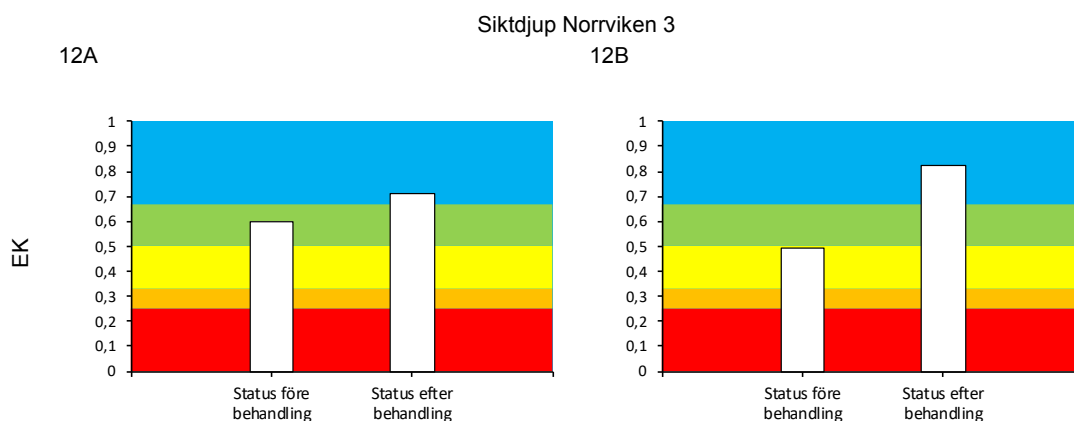
Ljusförhållanden: Siktdjup

Vattnets siktdjup mättes med hjälp av vattenkikare vid station Norrviken 3 (Figur 2) 2017–2021. Resultatet visar att ljusförhållandena har förbättrats efter aluminiumbehandlingen. Siktdjupet påverkas av mängden växtplankton, dött organiskt material, vattnets färg och partiklar i vattenmassan. En tidsserie över uppmätta siktdjup 2017–2021 visar att siktdjupet varierade mellan 1,5–4,6 m före behandling och mellan 2,6–5,5 m efter behandling (Figur 11).



Figur 11. Siktdjupet i Norrviken enligt mätningar med vattenkikare vid station Norrviken 3 under perioden maj 2017 till november 2021. De tre perioderna före, under och efter aluminiumbehandling är färgmarkerade på x-axeln; före behandling=grön, under behandling=brun, och efter behandling=blå.

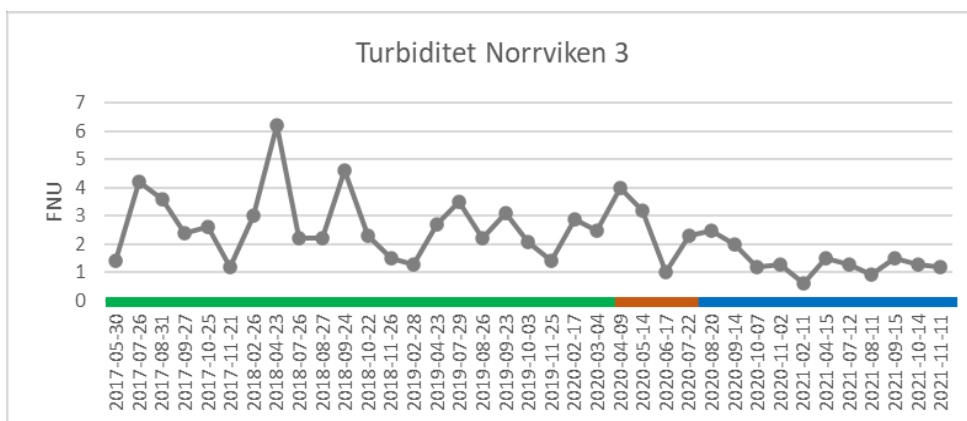
Statusbedömning av siktdjupet i Norrvikens djupaste område enligt HaV (2019), baserat på samtliga uppmätta värden under maj-oktober 2017–2021, visade *god* status (EK 0,6) före aluminiumbehandlingen av sjöns botten, och en ökning till *hög* status (EK 0,71) efter behandlingen (Figur 12A). Endast augusti-värden tas med i bedömningen blir skillnaden större och status förbättras från *måttlig* (EK 0,496, strax under *god*) före behandling till *hög* (EK 0,82) efter behandling (Figur 12B).



Figur 12. Statusbedömning av siktdjupet i Norrviken station Norrviken 3 före (maj 2017-oktober 2019) och efter (augusti 2020-oktober 2021) aluminiumbehandlingen, enligt Vattendirektivets nya bedömningsgrunder från 2019, baserat på A) samtliga mätvärden maj-oktober och B) endast augustivärden.

Ljusförhållanden: Turbiditet

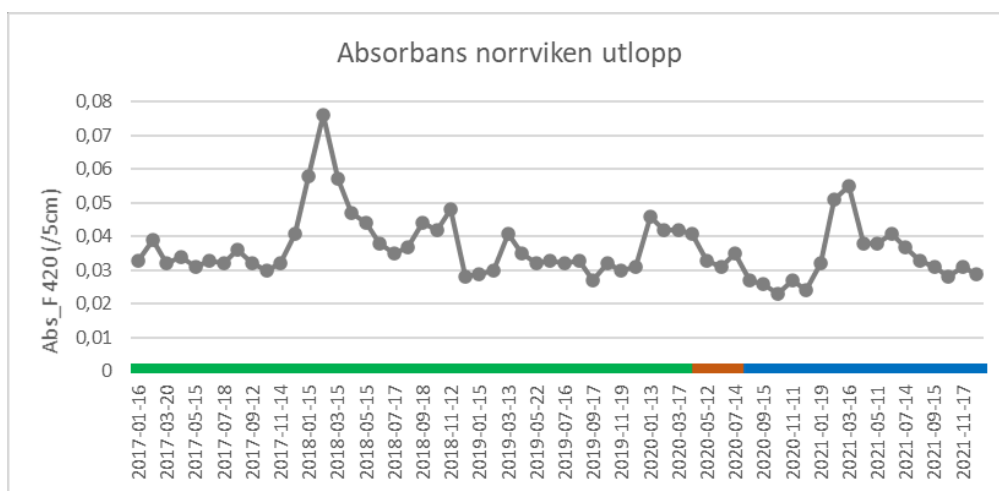
Grumligheten i vattenpelaren mättes som turbiditet vid sjöns djupaste punkt (Norrviken 3; Figur 2) och ger ett mått på halten av partiklar i vattnet, t.ex. plankton eller mineralpartiklar. En tidsserie över turbiditeten under perioden 2017–2021 visar att uppmätta värden efter behandling generellt var lägre än de som uppmättes före behandlingen (Figur 13). Statusklassning av turbiditet enligt Naturvårdsverket (1999) visar dock på *betydligt grumligt vatten* (Klass 4) både före och efter aluminiumbehandlingen.



Figur 13. Tidsserie över grumlighet (turbiditet) vid station Norrviken 3. Turbiditet utgör ett mått på partikelhalten i vattnet och mättes som enheten FNU (*Formazine Nephelometric Unit*). Figuren visar FNU-värdet för turbiditet 2017–2021. De tre perioderna före, under och efter aluminiumbehandling är färgmarkerade på x-axeln; före behandling=grön, under behandling=brun, och efter behandling=blå.

Ljusförhållanden: Absorbans

Absorbans har mätts i ytvatten vid Norrvikens utlopp vid Edsån (Figur 2). Absorbans är ett mått på vattnets ljusgenomsläpplighet. Mätning av ljusets absorption i filtrerade vattenprov indikerar förekomsten av ämnen som kan färga vattnet brunt, t.ex. humusämnen eller järn- och manganföreningar. Absorbans används som en hjälpparameter vid beräkningar av näringsstatus. En tidsserie baserad på samtliga analyser av absorbans i vattnet vid Norrvikens utlopp 2017–2021 visar på likartade värden före och efter behandling (Figur 14).

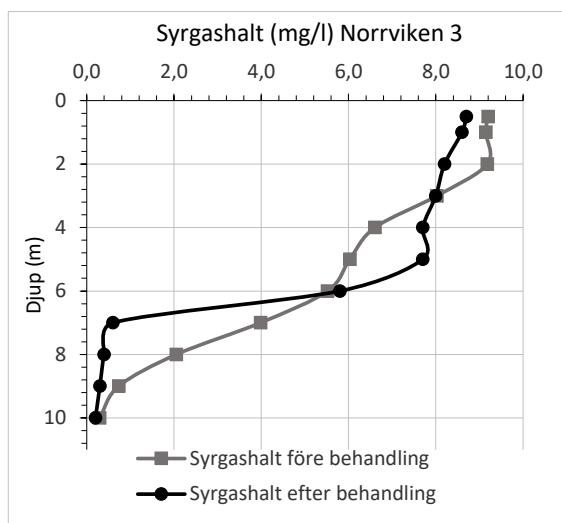


Figur 14. Tidsserie över absorbans i vatten från Norrvikens utlopp vid Edsån 2017–2021. Vattnets färgtal uppskattades genom att mäta absorbansen i filtrerade vattenprov i 5 cm kyvett vid 420 nm (Abs_F 420/5cm). De tre perioderna före, under och efter aluminiumbehandling är färgmarkerade på x-axeln; före behandling=grön, under behandling=brun, och efter behandling=blå.

Klassning av absorbans enligt Naturvårdsverket (1999) visar inte heller någon skillnad före och efter aluminiumbehandlingen. Under hela perioden var medelvärdet för absorbans cirka 0,03 (Medel av Abs_F 420/5cm) vilket motsvarar Klass 2, *svagt färgat vatten*.

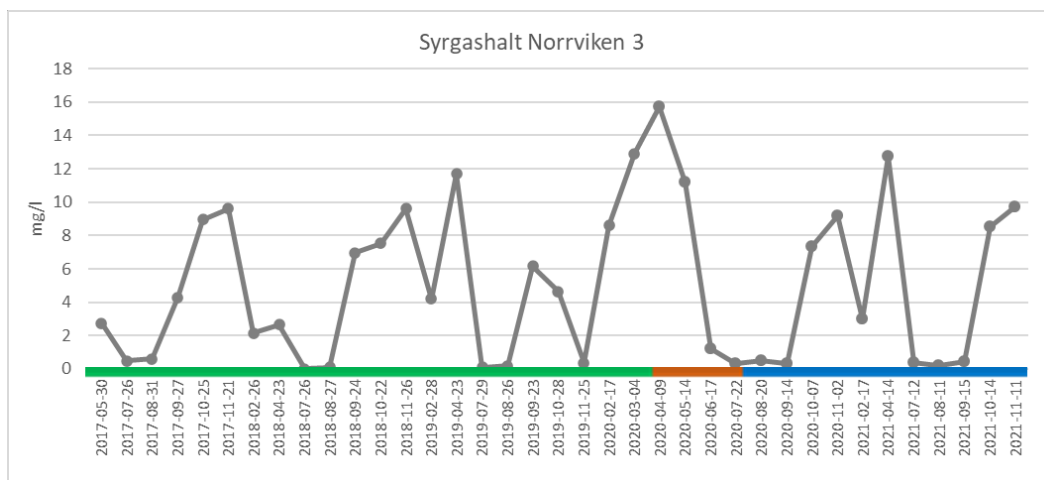
Syreförhållanden

Syrgashalten har mätts i syreprofil vid station Norrviken 3 (Figur 2). De lägsta syrgashalterna förekommer under sommaren i sjöns bottenvatten. En jämförelse av sommarhalter (juli och augusti) visar att det var syrebrist (under 2 mg O₂ per liter) i bottenvattnet under 8 meters djup både före och efter aluminiumbehandlingen (Figur 15). Förhoppningen var att syrgashalterna skulle stiga efter aluminiumbehandlingen, som en följd av ett minskat nedfall av partikulärt organiskt material som förbrukar syre (vid nedbrytningen).



Figur 15. Syrgasprofiler i vattenpelaren under sommaren vid station Norrviken 3 baserat på medelvärdena av syrgashalten (mg O₂/L) under juli och augusti före aluminiumbehandling (2017–2019) och efter aluminiumbehandling (augusti 2020 och juli-augusti 2021).

En tidsserie över vattnets syrgashalt närmast botten (> 10 meters djup) vid Norrviken 3 visas i figur 16, nedan. Det finns ingen tydlig skillnad i syrgashalterna före och efter aluminiumbehandlingen.



Figur 16. Tidsserier över syrgashalten (mg O₂/L) i bottenvattnet (>10 meters djup) vid station Norrviken 3 under perioden 2017–2021. De tre perioderna före, under och efter aluminiumbehandling är färgmarkerade på x-axeln; före behandling=grön, under behandling=brun, och efter behandling=blå.

Statusbedömning enligt HaV (2019) med avseende på syrgashalten närmast botten (>10 meters djup) vid Norrviken 3 indikerar *dålig* status, både före och efter aluminiumbehandlingen. Statusbedömningen av syrgashalten i sjöar baseras på minimumvärden (HaV 2019) och utgår ifrån sammansättningen hos fisksamhället och fiskarternas känslighet för syrgashalter. Norrviken hyser främst varmvattenfiskar som inte är lika syrekrävande som laxfiskar (salmonider). Samtliga årsminimivärden av syrgashalten i Norrviken ligger långt under gränsen för *dålig* status både före, under och efter aluminiumbehandlingen, oavsett om klassgränserna för varmvattenfiskar (<2 mg O₂/L) eller salmonider (<4 mgO₂/L) i HaV (2019) används.

Det är möjligt att den kraftigt förändrade näringssituationen i och med aluminiumbehandlingen, där näringsanpassade organismer får svårare att klara sig, kortsiktigt kan öka sedimentationen av plankton till botten, och därmed initialt påverka syresituationen negativt.

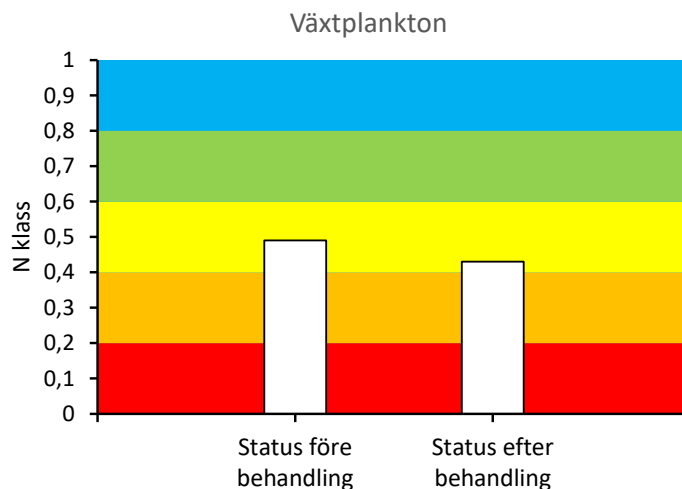
4.2 Växtplankton

Växtplankton, i egenskap av primärproducenter, utgör en viktig del av grunden i sjöns näringsväv. Växtplanktonsamhällets biomassa och sammansättning ger information både om sjöns karaktär och om förändringar i miljön, exempelvis näringsförhållanden. Den ekologiska statusen hos växtplanktonsamhället i Norrviken 3 från 2017 till 2021 varierade mellan månader och år och visar ingen tydlig trend (Tabell 4). Observera att bedömningsgrunderna har förändrats under perioden och att jämförelser mellan år därför bör göras med viss försiktighet (se även metod).

Tabell 4. Bedömning av den ekologiska statusen hos växtplanktonsamhället i Norrviken utifrån växtplanktonprov tagna vid station Norrviken 3 under olika månader under 2017, 2018, 2019, 2020 och 2021. Analyserna och statusbedömningen av växtplankton utfördes av Pelagia Nature & Environment AB på uppdrag av Calluna AB. För 2017-2018 gjordes statusbedömningen enligt de äldre bedömningsgrunderna. För 2019 gjordes statusbedömningen utifrån både de äldre och de nya bedömningsgrunderna. Efter det användes endast de nya bedömningsgrunderna.

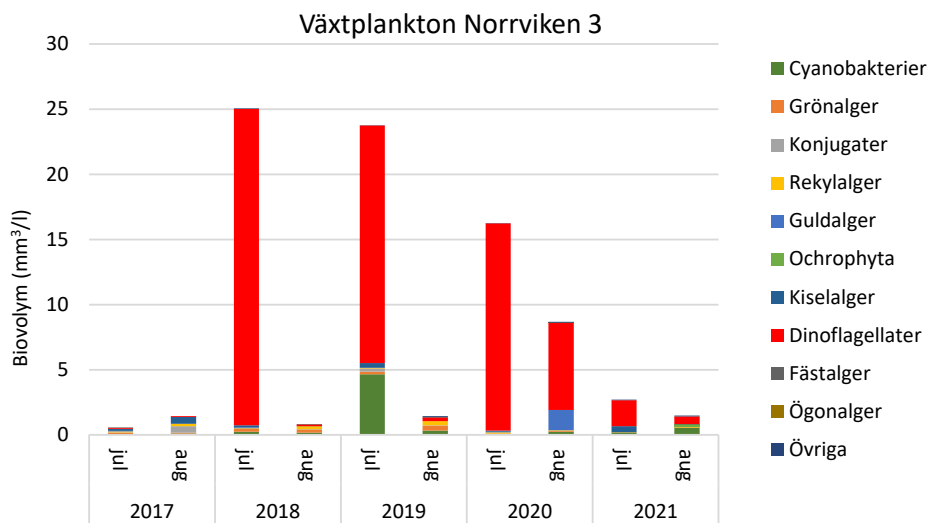
År	mars	april	maj	juni	juli	aug	sep	okt	Kommentar
2017			Otillfr.		God	Måttlig/God	Hög	God	I alla prov noterades den potentiellt toxiska arten <i>Microcystis</i> spp. Högst biomassa och störst andel cyanobakterier i maj. Alla TPI-värden indikerade eutrofa förhållanden
2018		God			Måttlig	Måttlig	Måttlig	God	Biomassan var högst i juli. Andelen cyanobakterier var högst i augusti
2019		God			Otillfr.	Måttlig	Måttlig	God	Biomassan var högst i juli. Sammanvägd status enligt TPI (äldre) bedömningsgrunderna
2019		Otillfr.			Otillfr.	Måttlig	Måttlig	Måttlig	Sammanvägd status enligt PTI (nya) bedömningsgrunderna
2020	Måttlig	Otillfr.	Måttlig	God	Otillfr.	Otillfr.	God	God	Aluminiumbehandlingen utfördes från april t.o.m. juli 2020. Högst biomassa i juli.
2021		God			Otillfr.	Måttlig	God	God	Högst biomassa under juli. Sammanvägda statusen för hela året var "Måttlig". Sammanvägda statusen för juli och augusti 2021 var "Måttlig"

En sammanvägd bedömning av den ekologiska statusen för Norrviken 3 med avseende på växtplankton visar *måttlig* status både före (EK 0,49) och efter (EK 0,43) aluminiumbehandlingen (Figur 17). Resultat från juli och augusti före (2017–2019) respektive efter (2020–2021) behandlingen ingår i bedömningen. Juli 2020 ingår egentligen i perioden *under* aluminiumbehandlingen, men har tagits med i bedömningen för efter-perioden eftersom månaden ligger i slutet av behandlingsperioden. Detta ger bättre underlag för statusklassning (bedömningsmånaderna är juli och augusti) och mindre övervikt för dataunderlaget från före behandling. Även om juli 2020 skulle exkluderas ur bedömningen blir statusen dock *måttlig*.



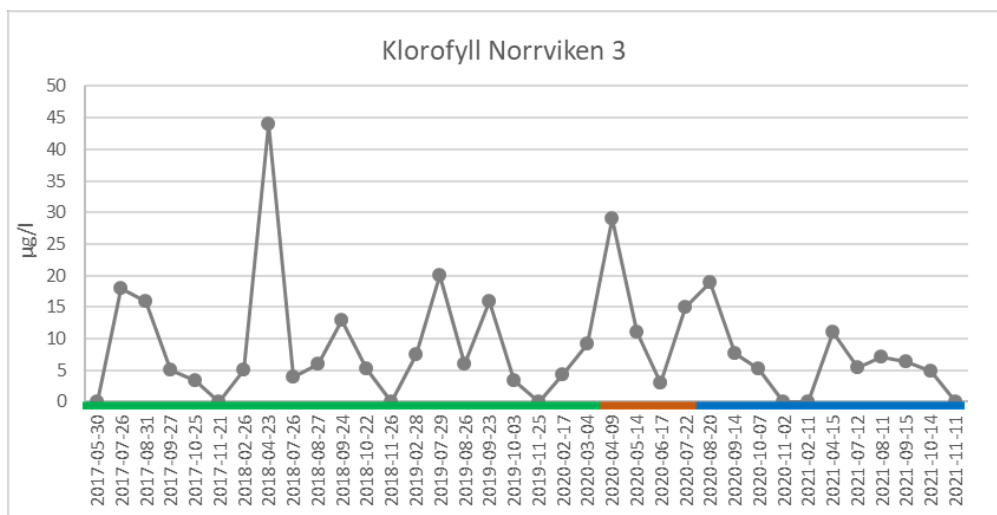
Figur 17. Ekologisk status för sjön Norrviken med avseende på växtplankton vid station Norrviken 3 baserat på data från juli och augusti före (2017–2019) respektive efter (2020–2021) aluminiumbehandlingen. Observera att bedömningsgrunden för växtplankton uppdaterades mellan åren 2018 och 2019. Den ingående parametern cyanobakterier togs bort och klorofyll lades till i de nya bedömningsgrunderna, och det trofiska indexet TPI ändrades till PTI.

Mängden växtplankton vid Norrviken 3 minskade kraftigt efter aluminiumbehandlingen av bottenarna. I Figur 18 visas biomassan av växtplankton, fördelat mellan olika grupper, under juli och augusti från 2017 till 2021. I början av undersökningsperioden (2017) var biomassan av växtplankton låg under juli och augusti. Under de nästkommande två åren (2018 och 2019) var den väldigt hög i juli månad. Under 2020, samma år som aluminiumbehandlingen genomfördes, var biovolymen något mindre i juli men relativt hög i augusti jämfört med tidigare år. Biomassan av växtplankton minskade sedan kraftigt till låga nivåer i både juli och augusti 2021. Dinoflagellater (pansarflagellater) var den grupp som dominerade biomassan av växtplankton från 2018 till 2021. Under 2019, före behandlingen, bestod ungefär en femtedel av biomassan av cyanobakterier under juli och augusti. Under 2020 var andelen endast 0,3 % och 3 % i juli respektive augusti. I juli 2021 utgjorde cyanobakterierna ca 5 % av den totala biomassan medan andelen ökade till 37 % i augusti. Dock var biomassan under juli och augusti 2021 totalt mycket låg (Figur 18).



Figur 18. Den totala biomassan av växtplankton (biovolym i mm³ per liter) samt fördelningen av biomassa mellan olika taxonomiska grupper under sommaren (juli–augusti) från 2017–2021 vid Norrviken 3. Provtagningen av växtplankton genomfördes enligt kontrollprogrammet för Norrviken för att följa upp effekten av aluminiumbehandlingen 2020.

Halten av klorofyll *a* i ytvattenprover ger ett grovt mått på den totala biomassan av växtplankton, och bedömningar av ekologisk status med avseende på klorofyllhalten utgör ett komplement till analyserna av växtplanktonsamhället. En tidsserie över halten klorofyll *a* i ytvattnet från Norrviken 3, från 2017 till 2021, visar generellt lägre halter under 2021 (medel 5,2 µg/l) jämfört med åren innan behandling (medel 7,4–11,2 µg/l) (Figur 19). Minskade halter av klorofyll *a* efter 2020 ligger i linje med den reducerade biomassan (Figur 18) efter aluminiumbehandlingen av Norrvikens botten.

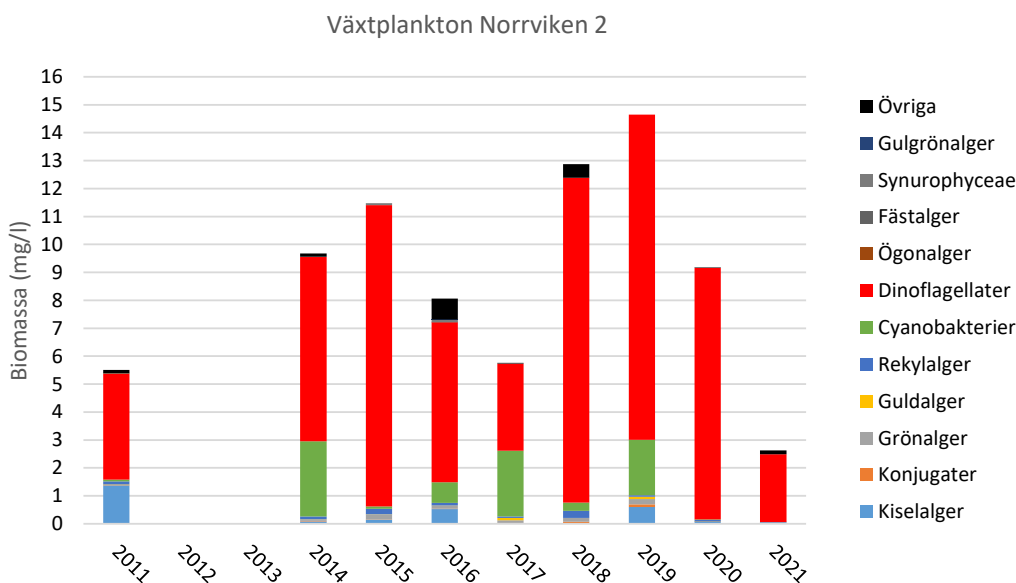


Figur 19. En tidsserie över klorofyllhalten i ytvattnet vid Norrviken 3 under perioden 2017–2021. Klorofyll *a* (µg per liter) mättes vid 0,5 m djup i vattenpelaren minst 6 gånger per år, som en del av kontrollprogrammet för Norrviken. De tre perioderna före, under och efter aluminiumbehandling är färgmarkerade på x-axeln; före behandling=grön, under behandling=brun, och efter behandling=blå.

En bedömning av den ekologiska statusen med avseende på växtplankton har även gjorts för den centrala delen av Norrviken (station Norrviken 2), som en del av den regionala miljöövervakningen (Länsstyrelsen Stockholm 2022). Den sammanvägda statusen för Norrviken med avseende på växtplankton (bedömningsperiod juli–augusti) för 2021 var *otillfredsställande*.

En tidsserie över mängden växtplankton (biomassan) i den centrala delen av sjön (station Norrviken 2) under juli–augusti från 2011 till 2021 (Figur 20) visar en liknande bild som vid station Norrviken 3 (Figur 18). Biomassan av växtplankton varierade mellan år med en relativt låg biomassa 2017, högst biomassa under 2018 och 2019, och en markant minskning av biomassan efter aluminiumbehandlingen 2020. Under hela perioden dominerades biomassan av dinoflagellater (pansarflagellater).

I den centrala delen av sjön uppmättes den allra lägsta biomassan av växtplankton (2,63 mg/l) i juli 2021 (Figur 20), troligen som en följd av aluminiumbehandlingen. Under juli 2021 dominerades växtplanktonbiomassan av dinoflagellaten *Ceratium hirundinella* och andelen cyanobakterier var endast 0,1 %. Under både 2020 och 2021 var andelen cyanobakterier mycket liten vid Norrviken 2, vilket kan tyda på att cyanobakterierna missgynnats av de minskade fosforhalterna i Norrviken.



Figur 20. Den totala biomassan av växtplankton (mg per liter) samt fördelningen av biomassa mellan olika taxonomiska grupper under sommaren (provtagning juli eller augusti, en gång per år) vid station Norrviken 2 2011–2021 (Länsstyrelsen Stockholm 2022).

4.3 Djurplankton

Djurplankton befinner sig högre upp i sjöns näringsväv än växtplankton. Djurplankton, som äter växtplankton, bakterier eller andra djurplankton, utgör i sin tur föda för bland annat fisk. Artsammansättningen och individernas storlek hos djurplankton visar på det rådande predationstrycket från fisksamhället. Vissa arter av djurplankton utgör indikatorer på förändringar i sjöns ekosystem, exempelvis näringsstatus, försurning eller föroreningar.

Det saknas i nuläget bedömningsgrunder för djurplankton, så den ekologiska statusen för djurplankton i Norrviken har utvärderats genom expertbedömning av proven, jämförelser med resultat från andra sjöar samt litteraturstudier. Parametrar som beaktats är bland annat indikatorarter, artsammansättning, tätheten av hjuldjur och storleksfördelning av hinn- och hoppkräftor.

Analyserna av djurplanktonsamhället i Norrviken under perioden 2014–2021 visar att sjön är näringsrik, och expertbedömningarna tyder på genomgående eutrofa (näringsrika) näringsförhållanden (Länsstyrelsen Stockholm 2022). Sjöns tillstånd med avseende på djurplankton har genom åren bedömts visa ”tecken på näringspåverkan” eller ”tydliga tecken på näringspåverkan” (Tabell 5). Det är ännu för tidigt för att säga om aluminiumbehandlingen av Norrviken under 2020 har haft någon effekt på djurplanktonsamhället.

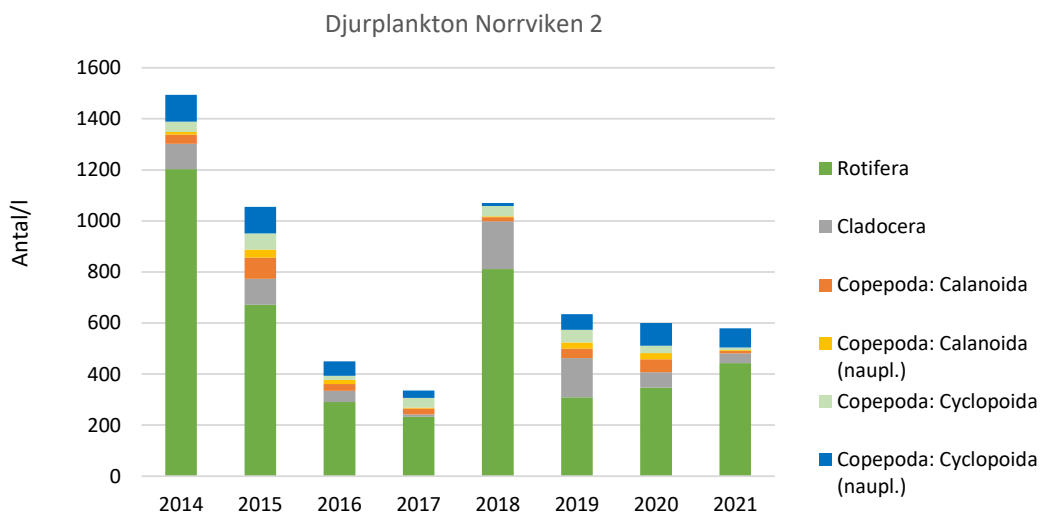
Tabell 5. Undersökningar av djurplanktonsamhället i Norrvikens centrala del (Station ”Norrviken 2” under sommaren (juli/ augusti) från 2014 till 2021. Bottendjupet var 6–9 m, och kvantitativt planktonprov togs på 0–6 m djup baserat på epilimnions läge.

Ar	Bedömning av näringspåverkan	Övriga kommentar
2014	Tydliga tecken på näringspåverkan	Länsstyrelsen Stockholm (2015): <ul style="list-style-type: none"> Djurplanktonsamhället hade en hög täthet av hjuldjur (Rotifera), en artsammansättning som är typisk för näringsrika sjöar och en stor förekomst av näringsgynnade arter. Hinnkräftan <i>Chydorus sphaericus</i>, som ofta förekommer tillsammans med cyanobakterier, var vanlig. Rikligt med larver från vandrarmussla, <i>Dreissena polymorpha</i>.
2015	Tydliga tecken på näringspåverkan	Länsstyrelsen Stockholm (2016): <ul style="list-style-type: none"> Mycket rikligt med larver från vandrarmusslan (mycket högre än 2014).
2016	Tecken på näringspåverkan.	Länsstyrelsen Stockholm (2017): <ul style="list-style-type: none"> Lägre täthet av hjuldjur 2016 jämfört med 2014 och 2015. Artsammansättningen av hopp- och hinnkräftor tydde på mer näringsfattiga förhållanden än tidigare år. Det förekom dock många näringsgynnade arter. Mycket rikligt med larver från vandrarmussla.
2017	Tecken på näringspåverkan.	Länsstyrelsen Stockholm (2018): <ul style="list-style-type: none"> Lägre tätheter av hjuldjur 2017 och 2016 jämfört med 2014 och 2015. Det förekom dock många näringsgynnade arter. Mycket rikligt med larver från vandrarmussla.
2018	Tydligt näringspåverkad	Länsstyrelsen Stockholm (2019): <ul style="list-style-type: none"> Måttligt hög täthet av hjuldjur 2018. De näringsgynnade arterna av djurplankton var fler än de som föredrar mer näringsfattig miljö. De stora calanoida hoppkräftorna utgjorde en mindre del av biomassan än tidigare år, och de små cyclopoida hoppkräftorna utgjorde en större del. Inga larver av vandrarmussla i planktonproverna 2018. Hinnkräftan <i>Bosmina (Eubosmina) coregoni</i> var mycket vanlig. Arten förekommer främst i näringsrika sjöar med hög täthet av fisk.
2019	Tydligt näringsämnes-påverkad	Länsstyrelsen Stockholm (2020): <ul style="list-style-type: none"> Tätheten av hjuldjur var låg under 2019, men de näringsgynnade arterna var fler än de som föredrar mer näringsfattig miljö, så Norrviken bedömdes som tydligt näringsämnespåverkad. Larver från vandrarmussla var relativt vanliga 2019.
2020	Tecken på näringspåverkan	Länsstyrelsen i Stockholm (2021): <ul style="list-style-type: none"> Djurplanktonsamhället dominerades av hjuldjuret <i>Pompholyx sulcata</i>. Det förekom många arter som föredrar näringsrika vatten. Tätheten på hjuldjur (cirka 300 per liter) tyder på måttligt näringsrika förhållanden.

År	Bedömning av näringspåverkan	Övriga kommentar
		<ul style="list-style-type: none"> Liten andel <i>Daphnia</i> (en hinnkräfta), vilket är vanligt i näringsrika sjöar. Bland kräftdjuren dominerade små arter t.ex. <i>Diaphanosoma brachyurum</i>, vilket tyder på betydande predationstryck från planktonätande fisk. <p>Larver från vandrarmussla var relativt vanliga 2020.</p>
2021	Tecken på näringspåverkan	<p>Länsstyrelsen i Stockholm (2022):</p> <ul style="list-style-type: none"> Djurplanktonsamhället dominerades av små hjuldjur och cyclopoida nauplier (ungstadier av hoppkräftor) Högt antal av indikatorarten <i>Pompholyx sulcata</i> (Rotifera) indikerar att sjön är eutrof (näringsrik). Biomassan (mätt som torrsvikt) dominerades av hinnkräftor (Cladocera), främst småväxta arter som <i>Daphnia cucullata</i> och <i>Diaphanosoma brachyurum</i>

Artsammansättningen hos djurplanktonsamhället i Norrviken är typisk för näringsrika sjöar, med en stor förekomst av arter som gynnas av näringsrikt vatten (Figur 21). Djurplanktonsamhället domineras i allmänhet (sett till antal individer/liter) av hjuldjur (Rotifera) som förekommer i höga tätheter, exempelvis *Pompholyx sulcata*, som är en indikatorart för näringsrika sjöar (Länsstyrelsen i Stockholm 2022).

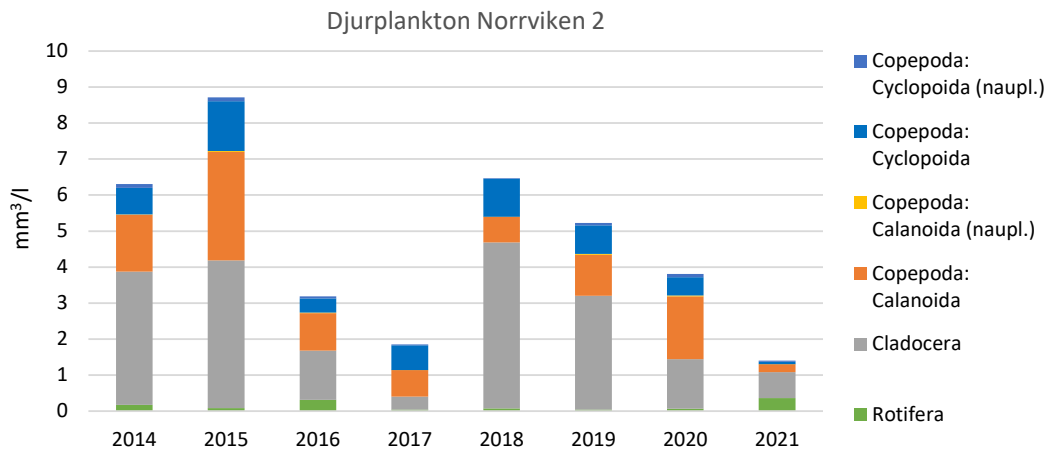
I början av undersökningsperioden (augusti 2014) var hinnkräftan *Chydorus sphaericus*, som ofta förekommer tillsammans med cyanobakterier, vanlig i Norrviken. Tätheten av hjuldjur var lägre under vissa år (augusti 2016, augusti 2017, juli 2019) men de djurplanktonarter som gynnas av näringsrika vatten har ändå varit mer talrika än de som föredrar mer näringsfattig miljö.



Figur 21. Artsammansättningen hos djurplanktonsamhället (antal individer per liter av olika taxa) i den centrala delen av Norrviken (Station "Norrviken 2") under sommaren (juli–augusti) åren 2014–2021. Figuren är från Länsstyrelsen i Stockholm (2022). Aluminiumbehandlingen av Norrviken genomfördes under våren och sommaren 2020.

Biovolymen av djurplankton i den centrala delen av sjön (station Norrviken 2) var högst år 2015, sjönk under åren 2016–2017 och ökade igen år 2018 (Figur 22). Den lägsta biovolymen noterades

i juli 2021, ett år efter aluminiumbehandlingen. Biovolymen dominerades i allmänhet av hinnkräftor (Cladocera).



Figur 22. Biovolym hos djurplanktonssamhället (mm³ per liter) i den centrala delen av Norrviken (Station "Norrviken 2") under sommaren (juli-augusti) åren 2014–2021. Aluminiumbehandlingen av Norrviken genomfördes under våren och sommaren 2020.

Artsammansättningen av djurplankton i Norrviken visade även tecken på ett betydande predationstryck från fisk, eftersom de arter av hinnkräftor som förekom var småväxta. Den dominerande arten av *Daphnia* var den lilla *Daphnia cucullata*, som inte äts i första hand av planktonätande fisk. Hinnkräftan *Bosmina (Eubosmina) coregoni*, som främst förekommer i näringsrika sjöar med hög täthet av fisk, var mycket vanlig under flera år.

I allmänhet förekom det rikligt med larver från den invasiva vandrarmusslan, *Dreissena polymorpha* i Norrvikens centrala del under sommaren, med undantag för 2018 och 2021, då inga larver av vandrarmusslan identifierades i djurplanktonproven (Tabell 5). Vuxna vandrarmusslor (även kallade zebarmusslor) är effektiva filtrerare, vilket kan leda till ett klarare vatten, men vandrarmusslan kan även konkurrera med inhemska arter om föda och substrat.

Förekomsten av vandrarmusslan i Norrviken kan ha påverkat artsammansättningen hos både växt- och djurplankton. Bland växtplanktonen dominerade en relativt stor och kraftig art, *Ceratium hirundinella*, som troligen är svårare för musslor att filtrera. Bland djurplanktonen var calanoida copepoder vanligare än förväntat med tanke på sjöns näringstillstånd, och denna grupp av hoppkräftor kan ha gynnats av att vattnet blivit klarare när det filtreras av vandrarmusslor.

4.4 Bottenfauna

Bottnarnas djursamhällen utgör en stor del av den biologiska mångfalden i sjöar och är en viktig födoresurs för fisk samt spelar en viktig roll i nedbrytningen av organiskt material (Naturvårdsverket 1999).

Före aluminiumbehandling: Bottenfauna 2014

Undersökningen i oktober 2014 utfördes som en del i en undersökning av tre sjöar i Stockholms län (Länsstyrelsen Stockholm 2015b). Syftet var miljöövervakning samt att statusklassificera vattenförekomster enligt bedömningsgrunder för vattenförvaltning. Man undersökte påverkan av övergödning och klassade den ekologiska statusen med avseende på bottenfauna enligt de äldre bedömningsgrunderna (Naturvårdsverket 2010, HaV 2013). Dessutom analyserades förekomsten av mundelsskador hos fjädermyggs-larver, som är en indikator på påverkan från miljögifter i sedimenten.

Undersökningen av Norrvikens bottenfauna i oktober 2014 visade tecken på näringsrika förhållanden i sjön, med ett lågt antal arter, höga tätheter av individer samt en dominans av vissa grupper (taxa) som gynnas av övergödning (Länsstyrelsen Stockholm 2015). Syresituationen i sjöns bottenvatten var ansträngd (*måttlig*). Index och klassning enligt de äldre bedömningsgrunderna visade att status med avseende på bottenfauna var *otillfredsställande* i sublitoralen och *måttlig* i profundalen. Förekomsten av mundelsskador hos fjädermyggs-larverna indikerade att bottendjuren påverkades av miljögifter (Tabell 6).

Efter aluminiumbehandling: Bottenfauna 2021

Den profundala bottenfaunan i Norrviken undersöktes igen i oktober 2021, för att följa upp effekten av aluminiumbehandlingen 2020 (Kling 2021). Analyser, indexberäkningar och statusklassning av bottenfaunan utfördes enligt de då gällande bedömningsgrunderna (HaV 2018a, HaV 2019).

Ett år efter aluminiumbehandlingen av Norrvikens bottenfauna visade statusklassningen av bottenfaunan enligt indexet BQI en försämring från *måttlig* i oktober 2014 till *otillfredsställande* i oktober 2021 (Tabell 6). Enligt expertbedömningen hade näringsbelastningen blivit större och syrgastillståndet hade försämrats från "måttligt syrerikt vatten" hösten 2014 till "dåligt syretillstånd" hösten 2021 (Kling 2021).

Både under 2014 och 2021 dominerade larver av tofsmyggen *Chaoborus flavicans* i proverna från profundalen (92 % av 261 ind. 2014 och 77 % av totalt 202 ind. 2021). Tofsmyggor är störningståliga och den stora dominansen av denna art tyder på dåliga syrgasförhållanden vid sjöns botten.

Under 2021 noterades en mycket hög frekvens av mundelsskador hos larver av fjädermyggor, vilket tyder på att miljögifter i sedimentet skadar bottendjuren.

Jämförelsen mellan 2014 och 2021 års undersökningar av bottenfaunan visade liknande förhållanden med avseende på antalet bottenfaunagrupper (taxa) medan övriga mått (index-beräkningar, syrgastillstånd, individantal och mundelsskador) visade på försämrade förhållanden år 2021. En möjlig kortsiktig effekt på bottenfaunasamhället efter en behandling är att fler organismer dör vid anpassning till de nya näringsförhållandena, med ökad sedimentation och ökad syreförbrukning som följd. Minskad näringsbelastning bör leda till reducerad primärproduktion (mindre växtplankton) vilket indirekt påverkar bottenfaunasamhället, men det kan ta flera år innan man ser resultat. Dessutom tar det längre tid för känsliga arter av bottenfauna att kolonisera sjöns botten, jämfört med störningståliga arter. Även andra studier före och efter behandling har visat på en initial minskning av bottenfaunan under det första året efter behandling, följt av en återhämtning med ökad diversitet efter några år (Smeltzer m.fl. 1999). Uppföljande studier av bottenfaunasamhället efter ytterligare tid behövs för att dra större slutsatser kring vilken påverkan aluminiumbehandlingen har haft.

Tabell 6. Bedömningar och klassificeringar av Norrvikens djupa bottenar utifrån näringstillstånd, syretillstånd (expertbedömning), den ekologiska statusen med avseende på bottenfauna, och mundelsskador hos fjädermygglarver.

År	Område	Närings-tillstånd	Syre-till-stånd	Status map över-gödning	Totalantal taxa	BQI/Status-klass	Mundels-skador
2014	Sublitoralen, 6,9 m	Näringsrikt	Måttligt syre-rikt	Måttlig	11 (lågt)	1,0/Otillf.	5,7 % (måttligt hög frekvens)
	Profundalen, 9,5 m	Näringsrikt	Måttligt syre-rikt	Måttlig	5 (lågt)	1,3/Måttlig	
2021	Profundalen	Hög näringsbelastning indikerat av bottenfaunan	Dåliga syreförhållanden enligt expertbedömning		5 (lågt)	1,0/Otillf.	19 % (mycket hög frekvens)

4.5 Makrofyter

Övervakning av växtsamhällen samt förekomsten av olika makrofyter i sjöar ger en bild av sjöns miljötillstånd och näringsstatus eftersom olika arter av makrofyter har olika miljökrav.

Före aluminiumbehandling: Makrofytundersökning 2017

Vid inventeringen av makrofyter i augusti 2017 (Olbers 2017) inventerades 12 transekter på ett jämförbart sätt som under 2008 och 2010. Totalt noterades 13 arter av makrofyter vid inventeringen 2017, varav fyra var dominerande (Tabell 7). Hornsärv (*Ceratophyllum demersum*) förekom oftast. Den invasiva främmande arten smal vattenpest (*Elodea nuttallii*) var näst vanligast. Smal vattenpest var inte lika spridd över sjön som hornsärv, men den var i stort sett heltäckande på de platser där den växte. Smal vattenpest förekom inte alls vid inventeringarna 2008 och 2010 utan hade spritt sig kraftigt i sjön sedan dess. De andra dominerande arterna var gul näckros (*Nuphar lutea*) och ålnate (*Potamogeton perfoliatus*). Dessa fyra dominerande makrofyter (hornsärv, smal vattenpest, gul näckros, ålnate) var också de arter som växte djupast i sjön under 2017 (Tabell 7).

Efter aluminiumbehandling: Makrofytundersökning 2021

Vid inventeringen av makrofyter i augusti 2021, ett år efter aluminiumbehandlingen (Sandsten & Kling 2021) inventerades 12 transekter med samma startkoordinat som vid Callunas inventering 2017 (Olbers 2017). Under 2021 dominerade samma fyra arter av makrofyter som under 2017; hornsärv, smal vattenpest, gul näckros och ålnate (Tabell 7).

Två rödlistade arter av makrofyter noterades i Norrviken under 2021; långskottsväxten uddnate (*Potamogeton friesii*) och uddslinke (*Nitella mucronata*). Både dessa arter är rödlistade i kategorin "nära hotad" (SLU ArtDatabanken 2020). Uddnate förekom i Norrviken även under 2017 (Olbers 2017). Uddslinke har tidigare rapporterats från närliggande sjöar men är ett nytt fynd för Norrviken. Arten förekom 2021 rikligt i närheten av sjöns utlopp (Sandsten & Kling 2021). De arter som växte djupast i sjön i augusti 2021 var hornsärv, smal vattenpest, uddslinke (3,2 m) och ålnate (Tabell 7).

Tabell 7. Förekomsten av de fyra vanligaste arterna av makrofyter (undervattensväxter) i Norrviken före (augusti 2017) respektive efter (augusti 2021) aluminiumbehandlingen av sjöns botten. Antal transekter (av 12) där arten förekom, andel drag med kratta där arten förekom, samt maximala djupet där arten förekom.

	Antal transekter där arten förekom		Andel krattdrag där arten förekom		Max djup där arten förekom		Kommentar
	2017	2021	2017	2021	2017	2021	
Hornsärv, <i>Ceratophyllum demersum</i>	9 av 12	11 av 12	40 %	50 %	3,0 m	3,3 m	
Smal vattenpest, <i>Elodea nuttallii</i>	6 av 12	8 av 12	21 %	33 %	2,5 m	3,2 m	Denna invasiva främmande art påträffades inte i Norrviken 2008 eller 2010.
Gul näckros, <i>Nuphar lutea</i>	6 av 12	5 av 12	18 %	21 %	2,7 m	2,7 m	
Ålnate, <i>Potamogeton perfoliatus</i>	6 av 12	7 av 12	10 %	12 %	2,8 m	2,9 m	

Bedömningar av den ekologiska statusen för Norrviken med avseende på makrofyter gjordes för inventeringarna som genomfördes före aluminiumbehandlingen (2008, 2010, 2017) respektive efter behandlingen (2021). Under 2021 hade den ekologiska statusen för undervattensväxterna förbättrats till *måttlig*, jämfört med *dålig/otillfredsställande* före behandlingen (Tabell 8). Näringsstatusen är uppskattad med hjälp av TMI (trofiskt makrofytindex) som är baserat på förekomsten av olika arter. Den ekologiska kvoten (EK) är det observerade trofindexet i förhållande till ett geografiskt bundet referensvärde. Antalet BG-arter är antalet av de observerade arterna som används för bedömningsgrunderna. Man mätte även djupfördelningen av undervattensväxter (UV-veg maxdjup) dvs. det största djupet där växterna noterades. Siktdjup mättes med siktdjupskiva och vattenkikare.

Jämförelsen av makrofyterna i Norrviken före och efter aluminiumbehandlingen visar att de vanligast förekommande undervattensväxterna ökade i utbredning och växte djupare under 2021 än under 2017. Det är ett tecken på att utvecklingen går åt rätt håll (Sandsten & Kling 2021). Det som oroar är att den invasiva främmande arten smal vattenpest (*Elodea nuttallii*) har ökat sin utbredning efter behandlingen. Arten är konkurrenskraftig i näringsrika vatten.

Tabell 8. Den ekologiska statusen med avseende på makrofyter i Norrviken under 2008, 2010, 2017 och 2021. Aluminiumbehandlingen genomfördes under april–juli 2020. Tabellen är från Sandsten & Kling (2021).

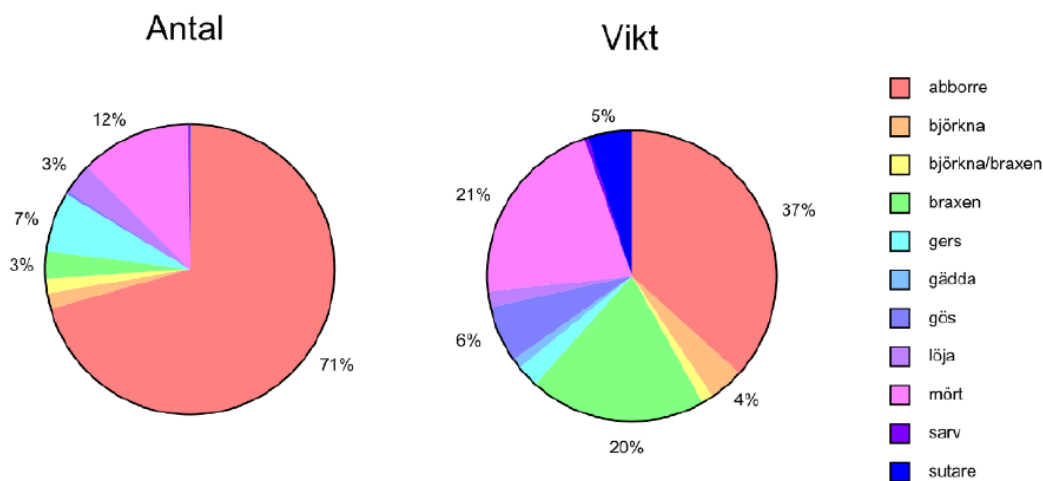
År	Trofiindex (TMI)	Ekologisk kvot (EK)	Status	Antal BG-arter	UV-veg. Maxdjup (m)	Siktdjup (m)
2008	4,6	0,49	Otilf./Dålig	10	3,2	1,1 – 2,4
2010	5,05	0,56	Otilf./Dålig	12	2,9	1,9
2017	4,69	0,51	Otilf./Dålig	10	3,0	1,9
2021	5,61	0,63	Måttlig	13	3,3	2,7

4.6 Fisk

Förändringar av fisksamhällets struktur ger information om effekter av miljöstörningar genom att olika fiskarter är olika känsliga för vattenkemiska, hydrologiska och fysikaliska förändringar. Fiskars roller som sekundär- och toppkonsumenter innebär att de vanligen har ett stort inflytande på övriga organismer i det akvatiska ekosystemet. Detta innebär att kunskap om fisksamhällets sammansättning och struktur ofta är nödvändig för att tolka förändringar inom lägre trofnivåer, till exempel växtplankton, djurplankton, bottenlevande djur och makrofyter (HaV 2016e).

Före aluminiumbehandling: Provfiske 2016

Under provfisket 2016 fångades totalt 10 olika arter: abborre, björkna, braxen, gers, gädda, gös, löja, mört, sarv och sutare. Abborren dominerade antalsmässigt medan den viktmissiga artsammansättningen var någorlunda jämnt fördelad mellan abborre, braxen och mört (Figur 23). Siktdjupet uppmättes till 3,3 m, vilket bedömdes som ett stort siktdjup.



Figur 23. Artsammansättningen i antal och vikt vid provfisket i Norrviken den 5–7 september 2016 (Figur 2 från Lindqvist & Jansson 2016).

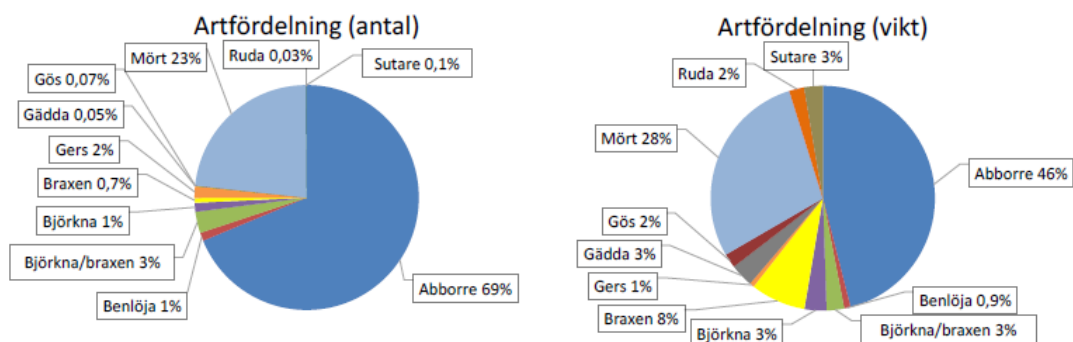
Totalt fångades 3 970 fiskar som tillsammans vägde 85,7 kg i de 32 bottennäten, vilket ger en medelfångst per ansträngning om 124 fiskar eller 2,7 kg. Den totala fångsten med bottennät i Norrviken var någorlunda jämnt fördelad mellan djupzonerna 0–3 m och 3–6 m, störst var fångsten dock vid djupzonen 3–6 m.

Fiskbestånden i Norrviken såg likartad ut jämfört med tidigare provfisken. Storleksfördelningarna visade att rekryteringen hos mört, björkna/braxen samt gös hade varit dålig under 2015. Ett fåtal gösar fångades under 2016 jämfört med tidigare provfisken, och endast vid 3–6 meters djup och 6–12 meters djup.

Klassificering av den ekologiska statusen med avseende på fisk enligt indexet EQR8 visade *måttlig* status för Norrviken 2016, dock nära gränsen till *god*. Indexet EQR8 används för att påvisa generell påverkan på fisksamhället genom att sammanväga parametrar som antalet inhemska arter, fisksamhällets diversitet, andel fiskätande abborrfisk och kvoten mellan abborre och karpfisk. Klassificering av näringspåverkan 2016 gjordes med näringsindexet EindexW3 och visade *otillfredsställande* status, nära gränsen till *måttlig*.

Efter aluminiumbehandling: Provfiske 2021

Resultaten från provfisket i augusti 2021 visade att Norrviken är en fisk- och artrik sjö dominerad av abborre. Fångsterna var större än under provfisket 2016, särskilt sett till antal fiskar per ansträngning, men också viktmässigt. Under 2021 fångades totalt 5 828 fiskar tillhörande 10 arter; abborre, benlöja, mört, gös, gädda, gers, ruda, sutare, braxen och björkna. Abborre dominerade fångsten numerärt, följt av mört (Figur 24). Övriga arter förekom i betydligt färre antal. Den genomsnittliga fångsten per nätansträngning var 182 individer per nät (jämfört med 124 per nät 2016) eller 3,3 kg fisk per nät (jämfört med 2,7 kg fisk per nät 2016).

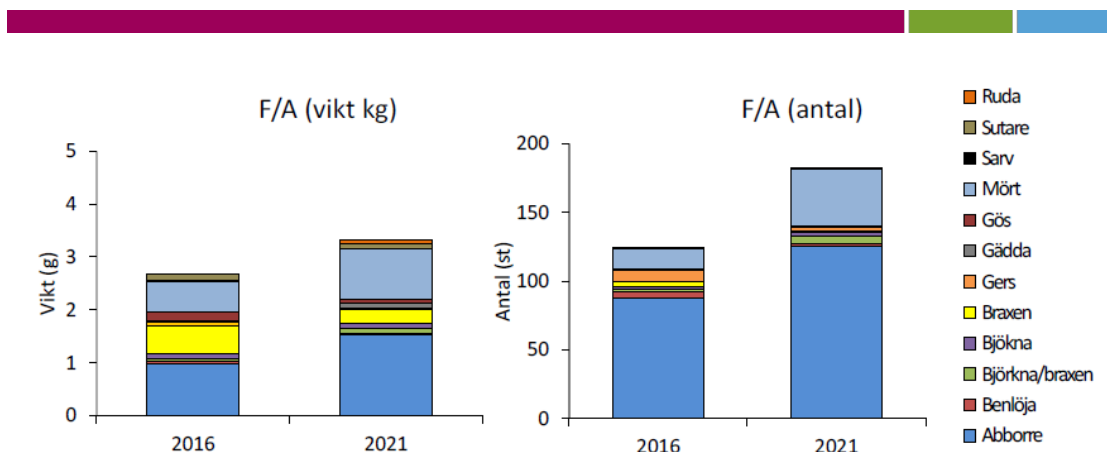


Figur 24. Artsammansättning redovisat som procent av totalantal och totalvikt från provfisket i Norrviken den 9–13 augusti 2021. Figur 3 från Bergh 2021.

Klassificering av den ekologiska statusen med avseende på fisk enligt indexet EQR8 visade *god* status för Norrviken 2021, dock nära gränsen till *måttlig*. Indexet EQR8 används för att påvisa generell påverkan på fisksamhället genom att sammanväga parametrar som antalet inhemska arter, fisksamhällets diversitet, andel fiskätande abborrfisk och kvoten mellan abborre och karpfisk. Klassificering av näringspåverkan 2021 (med hjälp av EindexW3) visade liksom 2016 på *otillfredsställande* status, nära gränsen till *måttlig*. Anledningen var ett stort antal fiskar per nätansträngning och en liten medellängd av abborre i fångsten. Klassificering av surhetspåverkan 2021 gjordes med surhetsindexet AindexW5 som indikerade *Hög* status 2021, då det inte fanns några tecken på försurningspåverkan utifrån fångsten av fisk.

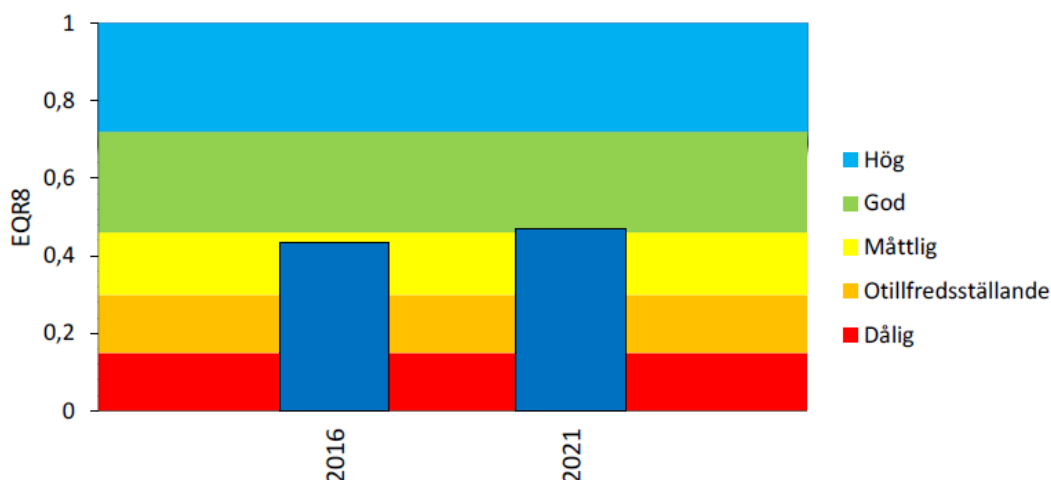
Jämförelser före och efter aluminiumbehandling

Jämförelser mellan provfisket 2016 och 2021 visade ingen tydlig förändring i fisksamhället ett år efter aluminiumbehandlingen av Norrviken. Antalet individer och total biomassa var dock större 2021. En annan skillnad var att provfisket 2016 uppvisade flest fiskar per nät (169) i djupintervallet 3–6 m medan fisket 2021 hade flest fiskar per nät (284) inom 0–3 m intervallet. I djupintervallet 6–12 m infångades 58 fiskar per nät 2016 men endast 19 fiskar per nät 2021. Artsammansättningen 2016 och 2021 var mycket lika och abborre var den dominerande arten sett till biomassa och antal vid båda provfiskena (Figur 25). Två arter skiljde sig mellan åren; sarv (som fångades 2016 men inte 2021) och ruda (som fångades 2021 men inte 2016).



Figur 25. Fångst per ansträngning (F/A) för provfisket i Norrviken före aluminiumbehandling (2016) och efter behandling (2021). Redovisat i biomassa per nät och antal fiskar per nät fördelat mellan de fångade arterna. (Figur 4 från Bergh 2021).

Norrvikens ekologiska status (EQR8) klassificerades som *måttlig* (på gränsen till *god*) under 2016 och som *god* (på gränsen till *måttlig*) under 2021. Under både 2016 och 2021 ligger de numerära värdena för indexet relativt nära gränsen mellan måttlig och god status (Figur 26).



Figur 26. Ekologisk status enligt indexet EQR8 för provfisket i Norrviken före aluminiumbehandlingen (september 2016) och efter behandlingen (augusti 2021). (Figur 5 från Bergh 2021).

Bedömningen av näringspåverkan på fisksamhället i Norrviken med hjälp av näringsindexet EindexW3, visade ingen skillnad före och efter aluminiumbehandlingen. Både 2016 och 2021 klassificerades näringsstatusen som *otillfredsställande*, nära gränsen till *måttlig* (Bergh 2021). Avvikelser från referensvärdet i form av ett större antal fiskar per nät samt en mindre medellängd hos abborre, ledde till bedömningen att det finns en hög näringstillgång i sjön. Framtida provfisket rekommenderas för att följa upp om exempelvis det klarare vattnet har gynnat rovfisk (gädda och abborre), vilket rimligtvis skulle kunna leda till ökad medellängd hos abborre och minskad mängd bytesfisk (Bergh 2021).

Det finns en risk att förekomsten av karpfiskar (ex. mört) i Norrviken kan påverka läckaget av fosfor från de behandlade sedimenten framöver. Karpfiskar födosöker på sjöns botten och rör upp sediment (s.k. bioturbation) vilket kan öka tillförseln av fosfor från botten till vattnet (Agstam-

Norlin 2022). En studie i en grund sjö i USA visade att förekomst av karp ökade det omblandade sedimentlagrets djup 2,5 gånger, från $5,0 \pm 1,2$ till $13,0 \pm 3,7$ cm (Huser m.fl. 2016).

4.7 Miljögifter i abborre

Metaller och miljögifter har analyserats i samlingsprover av muskel från abborrar fiskade i Norrviken under 2017 (Engdahl & Bergh 2017) och 2021 (Forssén m.fl. 2021). Både 2017 och 2021 utfördes fisket under augusti månad av personal från Medins Havs och Vattenkonsulter AB. År 2017 analyserades ett samlingsprov med stora fiskar (20 individer, 15–20 cm) och ett samlingsprov med små fiskar (30 individer, 9–11 cm). Under 2021 analyserades två samlingsprov av vardera storleksklassen, med 20 stora fiskar (15–20 cm) och 30 små fiskar (9–11 cm) per samlingsprov. Under 2017 utfördes miljögiftsanalyserna av ALS Scandinavia AB och IVL (endast PFAS). Under 2021 utfördes analyserna på ett av proven från respektive storleksklass av ovan nämnda laboratorium, medan återstående prover analyserades av SGS Analytical och Eurofins (endast PFAS). Dessutom analyserades 2021 ett prov från små abborrar fiskade 2017 av SGS Analytical och Eurofins.

De insamlade fiskarna var jämförbara vid de båda provtagningsåren vad gäller längd, vikt, konditionsfaktor och ålder av abborrar i samma storleksklass. Det fanns en liten skillnad i medelålder mellan individer i storleksintervallet 15–20 cm fångade 2017 jämfört med 2021, men de flesta individer var mellan 2 och 4 år gamla. De mindre abborrarna var av åldern 1+ både år 2017 och 2021.

Utifrån erhållna resultat är det svårt att dra några slutsatser kring förändringar i abborrars upptag av miljögifter efter aluminiumbehandlingen av sjöns botten. Möjligen indikerar resultaten en ökning av kvicksilverhalten och en minskning av halten PFOS. Undersökningen som gjordes 2021 utfördes endast ett år efter aluminiumbehandlingen, och troligen behövs mer tid för att bekräfta eventuella förändringar på miljögiftsbelastningen hos abborre i Norrviken.

Översiktliga resultat av miljögiftsanalyserna i fisk år 2017 och 2021

Resultaten från analyserna av miljögifter i abborre redovisas översiktligt i Tabell 9. För de flesta miljöfarliga ämnena låg de uppmätta halterna i abborre under miljö kvalitetsnormerna (MKN) som är beskrivna i Havs- och vattenmyndighetens författningssamling (HaV 2019). Undantag var kvicksilver och vissa högfluorerade (PFAS) ämnen, t.ex. PFOS.

Tabell 9. Översiktliga resultat från analyserna av miljögifter i abborre fångade i Norrviken (söder om Edsåns utlopp) före respektive efter aluminiumbehandlingen av sjöns botten. Analyserna utfördes på prover av abborre fångade i augusti 2017 (Engdahl & Bergh 2017) respektive augusti 2021 (Forssén m.fl. 2021).

Parameter	2017	Kommentar 2017	2021	Kommentar 2021
Metaller		Halterna av metaller var låga till måttligt höga.		Halterna av metaller var låga till måttligt höga.
Kadmium	Under rapporteringsgränsen		Under rapporteringsgränsen	
Bly	Under rapporteringsgränsen		Under rapporteringsgränsen	
Nickel	Under rapporteringsgränsen		Under rapporteringsgränsen	
Kvicksilver	Halterna av kvicksilver 2017 överskred miljö kvalitetsnormen (MKN) för ytvatten, vilket är ett generellt	Under 2017 var halten av kvicksilver högst hos små abborrar. Detta väckte vissa frågetecken, eftersom kvicksilverhalter	Halterna av kvicksilver 2021 överskred miljö kvalitetsnormen (MKN) för	Under 2021 var halterna av kvicksilver högre i samlingsprov av större abborrar jämfört med mindre abborrar.

Parameter	2017	Kommentar 2017	2021	Kommentar 2021
	fenomen i ytvatten i Sverige.	brukar vara högre hos större/äldre fiskar.	ytvatten, vilket är ett generellt fenomen i ytvatten i Sverige.	
PCB	Under rapporteringsgränsen	Samtliga analyserade substanser/kongener av PCB uppmättes i halter under rapporteringsgränsen.	Under rapporteringsgränsen	Flertalet analyserade substanser/kongener av PCB uppmättes i halter under rapporteringsgränsen. Halterna av PCB-kongenerna sammanslagna till PCB 7 underskred i samtliga fall miljö kvalitetsnormen för särskilt föroreningämnen, polykloretrade bifenyler (PCB) (125 µg/kg våtvikt).
PBDE	Under rapporteringsgränsen	Samtliga analyserade substanser/kongener av PBDE uppmättes i halter under rapporteringsgränsen. Rapporteringsgränsen överskred den lågt satta miljö kvalitetsnormen för bromerade difenyletrar (PBDE) (0,0085 µg/kg våtvikt).	Under rapporteringsgränsen	Samtliga PBDE-kongener uppmättes i halter under rapporteringsgränsen. Rapporteringsgränsen överskred den lågt satta miljö kvalitetsnormen för bromerade difenyletrar (PBDE) (0,0085 µg/kg våtvikt).
PFAS	Merparten av substanserna uppmättes under rapporteringsgränsen.	För de PFAS-substanser där halter var över rapporteringsgränsen noterades högre halter i ett samlingsprov för den mindre storleksklassen av abborre, vilket var svårt att förklara.	Merparten av PFAS-substanserna uppmättes under rapporteringsgränsen.	För de PFAS-substanser där halter registrerades över rapporteringsgränsen noterades högre halter i samlingsprov för den mindre storleksklassen av abborre.
PFOS	I båda proverna var halterna av PFOS högre än miljö kvalitetsnormen på 9,1 ng/g våtvikt.		I samtliga prover var halterna av PFOS tydligt högre än miljö kvalitetsnormen på 9,1 ng/g våtvikt.	Noterbart är att halterna av PFOS var högre i samlingsproverna från individer i det mindre storleksintervallet än i samlingsproverna från större individer. Högst halt av PFOS uppmättes i provet med små individer fiskade 2017.

Metaller

Både före och efter aluminiumbehandlingen var halterna av metaller i abborre generellt låga till måttligt höga. För tre av metallerna, kadmium, bly och nickel uppmättes halter under rapporteringsgränsen. Eftersom endast muskelprover (och inte leverprover) analyserades i abborre från Norrviken ansåg Forssén m.fl. (2021) att metallhalterna var svåra att utvärdera.

Halterna av kvicksilver i abborre från Norrviken överskred miljö kvalitetsnormen (MKN) för ytvatten (0,02 mg/kg våtvikt) både före och efter aluminiumbehandlingen, hos båda storleksklasserna av abborre. Halter av kvicksilver i fisk som överskrider MKN för ytvatten är ett generellt fenomen i ytvatten i Sverige (HaV 2019). Halterna av kvicksilver hos abborre från Norrviken var dock mycket lägre än gränsvärdet som gäller inom EU för saluföring av fisk (0,5 mg/kg våtvikt). Under 2017 var halten av kvicksilver högst i ett av två samlingsprov från de mindre abborrarna, vilket väckte vissa frågetecken, eftersom större och äldre fiskar brukar ha högre halter av kvicksilver. Det andra samlingsprovet från små abborrar hade en hälften så hög halt. Det kan hända att

en provförväxling skedde, men detta har inte kunnat styrkas (Forssén m.fl. 2021). Under 2021 var halten av kvicksilver högst hos de äldre fiskarna, som förväntat. De högsta halterna av kvicksilver i abborre uppmättes i två samlingsprov av stora fiskar från 2021 (0,082 respektive 0,094 mg/kg våtvikt) och den lägsta kvicksilverhalten uppmättes i ett av två samlingsprov av små abborrar från 2017 (0,029 mg/kg våtvikt).

PCB, Polyklorerade bifenyler

Halterna av de sju PCB-kongenerna sammanslagna till PCB 7 underskred i samtliga fall miljökvalitetsnormen för polyklorerade bifenyler (PCB) (125 µg/kg våtvikt).

PBDE, Bromerade flamskyddsmedel

Halterna av Bromerade difenyletrar (PBDE) var för samtliga kongener under rapporteringsgränsen. Rapporteringsgränsen överskred den lågt satta miljökvalitetsnormen för bromerade difenyletrar (0,0085 µg/kg våtvikt).

PFAS, Högfluorerande ämnen

För merparten av PFAS-substanserna låg halterna hos abborre under rapporteringsgränsen, både under 2017 och 2021. För de PFAS-substanser där halterna låg över rapporteringsgränsen noterades högre halter i samlingsproverna för den mindre storleksklassen av abborre, jämfört med samlingsproverna från större individer.

I samtliga fall var halterna av PFOS (Perfluoroktansulfonsyra) tydligt högre än miljökvalitetsnormen på 9,1 ng/g våtvikt (HaV 2019). PFOS-halterna var högre i samlingsprover av små abborrar än i samlingsprover av större abborrar, både under 2017 och 2020. Halterna av PFOS verkar vara lägre under 2021 jämfört med 2017. De högsta halterna av PFOS uppmättes i samlingsproverna av små abborrar från 2017. Även i samlingsproverna av större abborrar, var halten av PFOS något högre 2017 jämfört med 2021. Enligt Forssén m.fl. (2021) är det svårt att förklara varför halten av PFAS-ämnen varierade mellan olika storleksklasser av abborre, eftersom det saknas kunskap om vilka faktorer som styr bioackumuleringen av PFAS.

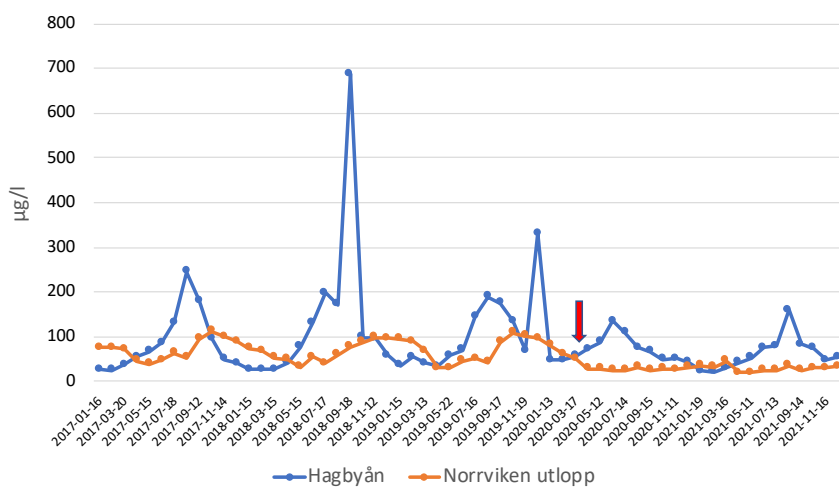
PFAS är en grupp mycket stabila (persistenta) ämnen som är mycket långlivade i miljön. PFAS-ämnen som är fett- och vattenavstötande lagras inte i fettvävnad som många andra bioackumulerande ämnen, utan de binder i stället till proteiner och lagras i andra organ i kroppen, till exempel i levern och i blodet (Kemikalieinspektionen 2022).

4.8 Betydelsen av aluminiumbehandlingen av Norrviken – idag och i framtiden

Norrviken visar tecken på att aluminiumbehandlingen har lyckats som restaureringsåtgärd. Vattnet har fått minskade halter av fosfor och siktdjupet har förbättrats. Makrofytförekomsten har ökat i djup och utbredning, och biomassan av växtplankton har varit lägre efter behandling. De minskade halterna i Norrvikens utlopp (Edsån) indikerar även att mindre fosfor transporteras nedströms, närmast till Edssjön (i nuläget *otillfredsställande* status med avseende på näringsämnen enligt VISS (2022b)). Halterna av fosfor i utloppet har efter behandlingen övervägande varit lägre än halterna i Hagbyån, som tillrinner Norrviken (Figur 27).

I en analys beställd av Oxunda Vattensamverkan (Ekologigruppen AB & Naturvatten i Roslagen AB 2011) uppskattades belastningen till Norrviken vara totalt cirka 1,8 ton fosfor årligen. De beräkningar som utfördes visade på att fosforbelastningen till Norrviken fördelade sig med cirka 30

procent vardera på läckage från sediment (internbelastning), dagvatten, samt tillrinning från Hagbyån. I och med aluminiumbehandlingen har den interna belastningen minskat och den externa belastningen (dagvatten, Hagbyån) får en relativt större inverkan på Norrvikens näringshalter. Enligt Agstam-Norlin (2022) påverkar den externa belastningen vilken livslängd en aluminiumbehandling får. Om den externa belastningen är stor och ny sedimentation av fosforrikt sediment sker, ovanpå det behandlade lagret, riskeras en återgång mot en internbelastningssituation. Det är därför viktigt att även fortsättningsvis bevaka och vidta åtgärder beträffande den externa belastningen.



Figur 27. Halter av totalfosfor ($\mu\text{g/l}$) i Hagbyån och Norrvikens utlopp (Edsån). Röd pil indikerar start för aluminiumbehandling i Norrviken.

Behandlingens livslängd har enligt studier visat sig påverkas även av sjöns egenskaper, såsom djup, förhållandet mellan avrinningsområdets yta i förhållande till sjöns yta, samt förekomsten av karpfiskar som födosöker på sjöns botten (Agstam-Norlin 2022). Djupa (dimiktiska) sjöar (till exempel Norrviken) som behandlats med aluminium visar generellt mer långlivade positiva effekter (medel 21 år) än grunda (polymiktiska) sjöar (medel 5,7 år). En stor förekomst av karpfisk kan påverka livslängden av behandlingen negativt, särskilt i grunda sjöar (Agstam-Norlin 2022).

Provtagningar i Norrviken under de följande åren kommer att vara av stor betydelse, både vad gäller övervakning av behandlingens livslängd samt för att följa upp förväntade ytterligare statusförbättringar gällande de biologiska parametrarna. Växtplanktonbiomassan har minskat efter behandling men status är fortsatt *måttlig*. Det är möjligt att ytterligare tid behövs för att växtplanktonsamhället ska ställa om sig till den nya trofinivån och uppvisa *god* status. De vanligaste makrofyterarterna har ökat i utbredning och i djup, men troligtvis behövs mer tid för att andra, mer ovanliga, arter ska etablera sig och för att god status ska uppnås. Bottenfaunan, som initialt uppvisade en något försämrad status efter behandling, förväntas uppvisa bättre status under kommande år (Smeltzer m.fl. 1999). Det behövs även framtida provfisken för att fastställa statusförbättringen samt för att följa upp eventuella förändringar vad gäller miljögifter hos fisk. Det är utifrån tillgängligt underlag svårt att dra slutsatser kring förändringar i halter av kvicksilver och PFAS. Vad gäller PFAS-ämnen bör eventuellt prover från både muskel och lever tas vid kommande undersökningar.

Vid kommande undersökningar bör absorbans läggas till kontrollprogrammet och mätas. Absorbans är en hjälpparameter vid statusbedömning av totalfosfor enligt HaV (2019).

5 Slutsatser

Resultaten från undersökningarna före respektive efter aluminiumbehandlingen sammanfattas och relateras till förväntade projektresultat (mål) i tabell 10 och i respektive avsnitt nedan. Förväntade resultat har hittills uppnåtts för näringsämnen, siktdjup och fisk (med liten marginal). För växtplankton och makrofyter har målen delvis uppfyllts medan status ännu är oförändrad/försämrad vad gäller syrgas och bottenfauna. Utifrån tillgängligt datamaterial är det i nuläget svårt att dra några slutsatser kring måluppfyllnad angående djurplankton och miljögifter i fisk.

Tabell 10. Statusklassning före respektive efter aluminiumbehandling för olika parametrar kopplat till förväntade resultat (mål) samt bedömd måluppfyllnad.

Parameter	Status före	Status efter	Förväntade resultat (mål)	Måluppfyllnad
Näring (tot-P)	Dålig ¹	God ¹	Minskade halter av fosfor i vattenpelaren och förbättring av näringsstatus från dålig till god/hög.	Ja
Siktdjup	Måttlig ¹	Hög ¹	Förbättrade ljusförhållanden som ett resultat av minskad grumlighet, mätt som ökat siktdjup (Secchi-djup). Förbättrad status vad gäller ljusförhållandena, dvs en ökning från måttlig status till god/hög.	Ja
Syrgas	Dålig	Dålig	Förbättrade syreförhållanden i de djupaste delarna av sjön som ett resultat av mindre sedimentering av partikulärt organiskt material som förbrukar syre.	Nej
Växtplankton	Måttlig	Måttlig	Minskad biomassa av växtplankton och minskad grumlighet. Minskade algbloomingar och generell minskning av biomassan växtplankton. Statusklassningen av växtplankton ökar från måttlig god/hög.	Delvis, biomassan har minskat men status har ännu inte förbättrats.
Djurplankton	Näringspåverkan (expertbedömning)	Näringspåverkan (expertbedömning)	Ökad utbredning av djurplankton.	Svårt att utvärdera om utbredningen har ökat utifrån tillgängligt dataunderlag. Expertbedömning indikerar fortsatt näringspåverkan.
Bottenfauna	Måttlig	Otillfredsställande	Förbättrade syreförhållanden i de djupaste delarna av sjön som ett resultat av mindre sedimentering av partikulärt organiskt material som förbrukar syre.	Nej
Makrofyter	Otillfredsställande/Dålig	Måttlig	Ökad utbredning av makrofyter, både vad gäller djupfördelning och ytmässigt. Exempelvis ökad utbredning av makrofyter som ett resultat av förbättrade ljusförhållanden. En ökning av statusen för makrofyter från dålig till god/hög.	Delvis, status har förbättrats med uppnår ännu ej god/hög. De vanligaste förekommande arterna har ökat i djup och utbredning.
Fisk	Måttlig	God	Ökad utbredning av fisk, både vad gäller djupfördelning och ytmässigt. Statusen hos fisksamhällena i sjön (statusklassificering med hjälp av bedömningsindexet EQR8) ska öka från måttlig till god.	Ja, status har förbättrats till god, dock med liten marginal.
Miljögifter i fisk	Förhöjda halter av kvicksilver och PFOS.	Förhöjda halter av kvicksilver och PFOS.	Förbättrade kunskaper om effekterna av aluminiumbehandlingen på den interna massbalansen i sjön och effekterna på sjöns växter och djur. Man ska kunna övervaka statusen vad gäller miljögiftsbelastningen hos fisk och tillämpa åtgärder för att minska risken för negativa trender i sjön och avrinningsområdet.	Ytterligare undersökningar behövs för att följa och bekräfta eventuella förändringar.

¹Bedömning gjord på augusti-värden före respektive efter aluminiumbehandling.

Lägre halter av näringsämnen

- I sjöns djupbassäng har näringsstatusen med avseende på totalfosfor förbättrats från *dålig* före aluminiumbehandlingen till *god* efter behandlingen, baserat på augusti-värden.
- Även vid Norrvikens utlopp har näringsstatusen med avseende på totalfosfor förbättrats från *god* status före aluminiumbehandlingen till *hög* status efter behandlingen.

Klarare vatten

- Förbättrade ljusförhållanden, mätt som ökat siktdjup (Secchi-djup), kan ses vid jämförelse mellan mätningar före respektive efter aluminiumbehandlingen.
- Status har förbättrats vad gäller siktdjupet och ökat från *måttlig* till *hög*, baserat på augusti-värden före respektive efter behandling.

Fortsatt syrebrist i den djupaste delen av sjön

- Status med avseende på syrgas bedöms som *dålig* både före och efter aluminiumbehandlingen.
- Det är möjligt att det ännu är för tidigt för att se förbättringar i syrgasförhållanden och att dessa kan ses längre fram.
- Resultaten indikerar att fortsatt miljöövervakning behövs för att följa upp syreförhållandena under flera år framöver.

Fortsatt måttlig status hos växtplanktonsamhället

- Biomassan hos växtplankton i den centrala delen av Norrviken varierade mellan åren men var allra lägst i juli 2021, troligen som en följd av aluminiumbehandlingen.
- Den ekologiska statusen för Norrvikens växtplanktonsamhälle visade dock ingen förbättring, utan bedömdes som *måttlig* (Norrviken 3) både före och efter aluminiumbehandlingen.
- Fortsatt miljöövervakning behövs för att följa upp växtplanktonsamhället under flera år.

Djurplanktonsamhället visar näringsrika förhållanden

- Djurplanktonsamhället i Norrviken är typiskt för näringsrika sjöar och förekomsten av småväxta arter tyder på ett betydande predationstryck från planktonätande fisk.
- Biovolymen av djurplankton var lägst efter aluminiumbehandlingen, men variationen mellan år innebär att det ännu är för tidigt för att säga om behandlingen har haft någon bestående effekt på djurplanktonsamhällets biovolym. Fortsatt miljöövervakning behövs.
- Larver av vandringsmussla förekom generellt rikligt i Norrviken under sommaren, med undantag år 2018 och 2021. Vuxna vandarmusslor är effektiva filterare och kan därför ha påverkat artsammansättningen och biovolymen hos både växt- och djurplankton.

Bottenfaunan visar fortsatt näringsrika och syrefattiga förhållanden

- Analyser av bottenfauna indikerar *otillfredsställande* status, stor näringsbelastning och dåligt med syre.
- Förekomsten av mundelsskador hos fjädermygglarverna indikerade att bottendjuren var påverkade av miljögifter.

- Den ekologiska statusen för bottenfaunan visade ingen förbättring efter aluminiumbehandlingen av Norrvikens botten, utan snarare en försämring från *måttlig* till *otillfredsställande*.
- Det är ännu för tidigt att säga vilken långsiktig påverkan aluminiumbehandlingen kommer ha på bottenfaunasamhället.

Något bättre status för makrofyter

- Statusen för makrofyter har förbättrats från *otillfredsställande/dålig* under 2008, 2010 och 2017 till *måttlig* under 2021, vilket kan vara ett tecken på förbättrade ljusförhållanden i sjön efter aluminiumbehandlingen 2020.
- De vanligast förekommande makrofyterna har ökat i Norrviken och de fyra dominerande arterna hittades djupare under 2021 än under 2017. Det är dock något oroande att den invasiva främmande arten Smal vattenpest (*Elodea nuttallii*) har ökat sin utbredning i sjön.
- Fortsatt miljöövervakning behövs för att följa upp förekomsten och utbredningen av Norrvikens makrofyter en längre tid efter behandlingen.

Ingen tydlig förändring i status för fisksamhället i sjön

- Jämförelser mellan provfisket 2016 och 2021 visade ingen tydlig förändring i fisksamhället ett år efter aluminiumbehandlingen av Norrviken.
- Utifrån provfiskeresultatet klassificerades Norrvikens ekologiska status enligt indexet EQR8 som *måttlig* (på gränsen till *god*) under 2016 och som *god* (på gränsen till *måttlig*) under 2021. Under både 2016 och 2021 ligger de numerära värdena för indexet relativt nära gränsen mellan *måttlig* och *god* status, så det finns inga tydliga tecken på förbättring av den ekologiska statusen med avseende på fisk.
- Bedömningen av näringspåverkan på fisksamhället i Norrviken med hjälp av näringsindexet EindexW3, visade ingen skillnad före och efter aluminiumbehandlingen, utan näringsstatusen var fortsatt *otillfredsställande*, nära gränsen till *måttlig*.

Miljögifter i abborre: möjlig ökning av kvicksilverhalten, möjlig minskning av PFOS

- Undersökningarna visade inte på några tydliga förändringar i upptaget av miljögifter i abborre efter aluminiumbehandlingen av sjöns botten. Vad gäller enskilda substanser indikerar resultaten en möjlig ökning av kvicksilverhalten och en möjlig minskning av halten av vissa högfluorerade ämnen (PFOS).
- Halterna av kvicksilver i abborre från Norrviken överskred miljökvalitetsnormen (MKN) för ytvatten, vilket är ett generellt fenomen i ytvatten i Sverige. Kviksilverhalten var dock mycket lägre än gränsvärdet som gäller inom EU för saluföring av fisk.
- Det fanns vissa oklarheter kring de uppmätta halterna av kvicksilver i abborre (t.ex. hos olika storlekar av fisk samt i samlingsprover jämfört med individuella fiskar). Dessa oklarheter föranleder ytterligare analyser av kvicksilver i abborre framöver.
- Halterna av högfluorerade ämnen (PFAS) var högre hos små storleksklasser av abborre, men det är oklart varför. Halterna av PFOS var lägre under 2021 jämfört med 2017.
- Undersökningen 2021 genomfördes endast ett år efter aluminiumbehandlingen, och troligen behövs mer tid för att bekräfta eventuella förändringar med avseende på miljögiftsbelastningen på abborre i Norrviken.

Referenser

- Agstam-Norlin, O. (2022). Restoration of Nutrient Rich Lakes -Towards Better Understanding of Sediment Phosphorus Availability and Management. Doctoral Thesis No. 2022:2. Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Arvidsson M. (2010). Inventering av makrofyter 2010. Naturvatten i Roslagen AB, rapport 2010:29.
- Bergh R. (2021). Nätprovfiske i Norrviken 2021. Vattenundersökningar inom ramen för LIFE IP Rich Waters action C13. Medins Havs och Vattenkonsulter AB, 2021-11-05.
- Ekologigruppen AB och Naturvatten i Roslagen AB (2011). Mot god status i Norrviken – en metodbeskrivning för åtgärdsinriktat arbete inom vattenförvaltningen med Norrviken som modell. Oxunda Vattensamverkan.
- Engdahl A. och Bergh R. (2017). Miljögifter i abborre i Norrviken. Vattenundersökningar inom ramen för LIFE IP Rich Waters action C13. Medins Havs- och Vattenkonsulter AB. 2017-11-30.
- Forssén M., Johansson K. och Meissner Y. (2021). Miljögifter i abborre i Norrviken 2021. Vattenundersökningar inom ramen för LIFE IP Rich Waters action C13. Medins Havs och Vattenkonsulter AB. 2021-11-29.
- Gustafsson A. (2008). Vattenväxter och ekologisk status. En inventering av åtta sjöar i Stockholms län 2008. Naturvatten i Roslagen AB, rapport 2008:29. Länsstyrelsen i Stockholms län, rapport 2009:03.
- HaV (2013). Havs- och vattenmyndighetens författningssamling. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten, HVMFS 2013:19.
- HaV (2015). Havs- och Vattenmyndigheten. Makrofyter i sjöar version 3, 2015-06-26.
- HaV (2016a). Havs- och Vattenmyndigheten. Handledning för miljöövervakning. Programområde sötvatten. Undersökningstyp: Vattenkemi i sjöar. Version 1:4, 2016-11-01
- HaV (2016b). Havs- och Vattenmyndigheten. Handledning för miljöövervakning. Programområde sötvatten. Undersökningstyp: Vattenkemi i vattendrag. Version 1:4, 2016-11-01
- HaV (2016c). Havs- och Vattenmyndigheten. Handledning för miljöövervakning. Programområde sötvatten. Undersökningstyp: Växtplankton i sjöar. Version 1:2, 2016-11-01
- HaV (2016d) Havs- och Vattenmyndigheten. Handledning för miljöövervakning. Programområde sötvatten. Undersökningstyp: bottenfauna i sjöars profundal och litoral. Version 2:1, 2016-11-01
- HaV (2016e). Havs- och vattenmyndigheten. Handledning för miljöövervakning. Programområde: Sötvatten. Undersökningstyp: Provfiske i sjöar. Version 1:4, 2016-09-08
- HaV (2018a). Bottenfauna i sjöar – vägledning för statusklassificering. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2018:34.
- HaV (2018b). Växtplankton i sjöar – vägledning för statusklassificering. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2018:39.
- HaV (2019). Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten. HVMFS 2019:25.
- Huser B.J. och Fölster J. (2013). Prediction of reference phosphorus concentrations in Swedish lakes. Environ Sci Technol. 47(4):1809–15.
- Huser B.J., Przemyslaw G.B., Chizinski C.J. och Sorensen P.W. (2016). Effects of common carp (*Cyprinus carpio*) on sediment mixing depth and mobile phosphorus mass in the active sediment layer of a shallow lake. Hydrobiologia 763: 23–33.
- Kemikalieinspektionen (2022). Högfluorerade ämnen - PFAS. Tillgänglig: <https://www.kemi.se/kemiska-amnen-och-material/hogfluorerade-amnen---pfas>
- Kling S. (2021). Bottenfauna i Norrviken 2021. Calluna AB.
- LIFE IP Rich Waters (2022). Aluminiumfällning i Norrviken: *Aluminiumfällning i Norrviken - LIFE IP Rich Waters*. Tillgänglig: <https://www.richwaters.se/vara-projekt/aluminiumfallning-i-norrviken/>

- Lindqvist U. och Jansson T. (2016). Standardiserat provfiske i Norrviken, Edssjön och Oxundasjön 2016. Naturvatten i Roslagen AB, Rapport 2016:38.
- Länsstyrelsen Stockholm (2015a). Undersökning av plankton i 13 sjöar i Stockholms län 2014. Fakta 2015:8.
- Länsstyrelsen Stockholm (2015b). Bottenfauna i Stockholms län 2014. En undersökning av profundal- och sublitoralfauna i Garnsviken, Norrviken och Örlången. Fakta 2015:9.
- Länsstyrelsen Stockholm (2016). Undersökning av växtplankton i tolv sjöar 2015. Fakta 2016:5.
- Länsstyrelsen Stockholm (2017). Undersökning av växt- och djurplankton i 20 sjöar 2016. Fakta 2017:5.
- Länsstyrelsen Stockholm (2018). Växt- och djurplankton i 26 sjöar. Undersökning i Stockholms län 2017. Rapport 2018:11.
- Länsstyrelsen Stockholm (2019). Växt- och djurplankton i 17 sjöar. Undersökning i Stockholms län 2018. Rapport 2019:21.
- Länsstyrelsen Stockholm (2020). Växt- och djurplankton i 11 sjöar. Undersökning i Stockholms län 2019. Rapport 2020:7.
- Länsstyrelsen Stockholm (2021). Växt- och djurplankton i 13 sjöar i Stockholms län. Rapport 2021:13.
- Länsstyrelsen Stockholm (2022). Växt- och djurplankton i sex sjöar i Stockholms län. Rapport 2022:8.
- Naturvårdsverket (2010). Handledning för miljöövervakning. Programområde: Sötvatten. Undersökningstyp: Bottenfauna i sjöars profundal och sublitoral. Version 2:0, 2010-03-01.
- Olbers M. (2017). Makrofyter i Norrviken 2017. Calluna AB.
- Pelagia Nature & Environment AB (2018a). Växtplankton Norrviken 2017. Analysrapport till Calluna AB 2018-01-08
- Pelagia Nature & Environment AB (2018b). Växtplankton Norrviken 2018. På uppdrag av Calluna AB. Analysrapport 2018-12-03.
- Pelagia Nature & Environment AB (2020a). Växtplankton Norrviken 2019. På uppdrag av Calluna AB. Analysrapport 2020-01-31.
- Pelagia Nature & Environment AB (2020b). Växtplankton Norrviken 2020. På uppdrag av Calluna AB. Analysrapport 2020-11-06.
- Pelagia Nature & Environment AB (2021a). Undersökning, växtplankton: Sollentuna life 2021. På uppdrag av Calluna AB. Analysrapport 2021-10-19.
- Pelagia Nature & Environment AB (2021b). Undersökning, djurplankton: Plankton Stockholm 2021. På uppdrag av Calluna AB. Analysrapport 2021-11-19. Reviderad 2021-12-22.
- Sandsten H. och Kling S. (2021). Makrofyter i Norrviken 2021. Calluna AB.
- SIS (2015). Svensk Standard, SS-EN 14757:2015. Vattenundersökningar- provtagning av fisk med över-siktsnät.
- SLU Artdatabanken (2020). Rödlister arter i Sverige 2020. SLU, Uppsala.
- Smeltzer E., Kirn R.A. och Fiske S. (1999). Long-term Water Quality and Biological Effects for Alum Treatment of Lake Morey, Vermont. Journal of Lake and Reservoir Management 15(5): 173–184.
- Sollentuna kommun, Upplands Väsby kommun och Länsstyrelsen i Stockholm (2017). Kontrollprogram för LIFE IP Rich Waters action C13 –Bottenbehandling av Norrviken. 2017-03-16
- Sollentuna kommun (2021). Vattenplan 2020. Tillgänglig: <https://prod.sollentuna.se/bygga-bo--miljo/miljo--och-klimatarbete/Vattenvard/vattenplan-2020/>
- Sollentuna kommun (2022). Bottenbehandling av sjön Norrviken - Norrviken2020. Tillgänglig: <https://www.sollentuna.se/bygga-bo--miljo/miljo--och-klimatarbete/Vattenvard/vattenprojekt/norrviken-2020/>

Tyréns (2022). Utvärdering av sociala och ekonomiska effekter av Rich Waters delprojekt. Frida Franzén och Mats Svensson, Tyréns AB, 31 januari 2022. Tillgänglig: <https://www.richwaters.se/utvardering-av-sociala-och-ekonomiska-effekter-av-rich-waters-delprojekt/>

VISS (2022a). Vatteninformationssystem Sverige. [online] Tillgänglig: <<http://viss.lansstyrelsen.se>> [2022-04-14].

VISS (2022b). Vatteninformationssystem Sverige. [online] Tillgänglig: <<http://viss.lansstyrelsen.se>> [2022-03-10].



Bilaga 1

Provtagningsfrekvens



Hemsida: www.calluna.se • E-post: info@calluna.se • Telefon växel: 013-12 25 75
Huvudkontor: Calluna AB, Linköpings slott, 582 28 Linköping



Havs
och Vatten
myndigheten

SOLLENTUNA
KOMMUN



Upplands Väsby
kommun



Länsstyrelsen
Stockholm

Bilaga 2

till slutredovisning av delprojekt C13, bottenbehandling av sjön Norrviken
för att minska internbelastningen av fosfor.

Anmälan för samråd enligt 12 kap.
6 § miljöbalken för övriga
verksamheter



Anmälan för samråd enligt 12 kap 6 § miljöbalken för övriga verksamheter

Mottagningsbekräftelse

Blankettinformation

Ankomstnummer
1510155519137

Inskickat
2017-11-08 17:14:28

Länsstyrelsen i Stockholms län
Box 22067
104 22 Stockholm

Kontaktuppgifter:
Regeringsgatan 66
Telefon: 010-223 10 00
E-post: stockholm@lansstyrelsen.se
Fax: 010-223 11 10

Formulär

Val av Länsstyrelse

Ange länsstyrelse
Länsstyrelsen i Stockholms län

Sökande

Sökande är:
 Fastighetsägare Verksamhetsutövare Entreprenör Konsult/ombud Arrendator
 Annan

Annan, ange vad
Sollentuna kommun

Sökandens kontaktuppgifter

Är sökande ett företag?
 Ja Nej

Företagsnamn

Kontaktpersonens förmamn

Kontaktpersonens efternamn

Förmamn

Ida

Efternamn

Nordin

Postadress

Turebergstorg 1

Postnummer

19196

Postort

Sollentuna

Telefon, dagtid

08-579 231 69

E-postadress

ida.nordin@sollentuna.se

ProjektID

Revidering/komplettering av ärende med yttande med beteckning 525-11132-2017.

Uppdragsgivare

<input checked="" type="checkbox"/> Uppdragsgivaren är densamma som sökanden
Uppdragsgivaren är:
Annan, ange vad
Är uppdragsgivaren ett företag? <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej
Företagsnamn
Kontaktpersonens förmamn
Kontaktpersonens efternamn
Förmamn
Efternamn
Postadress
Postnummer
Postort
Telefon, dagtid
E-postadress

Plats för åtgärden

Kommun Sollentuna kommun
Fastighetsbeteckning Häggvik 4:1, Törnskogen 2:7, Törnskogen 3:2, Törnskogen 3:8, Törnskogen 3:9, Rotebro 4:1, Norrviken
Har markägare godkänt åtgärden? <input checked="" type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nej

Tidpunkt

Beräknad tidpunkt när åtgärden ska börja (ååååmmdd) 2018-03-30
Beräknad tidpunkt när åtgärden ska avslutas (ååååmmdd) 2019-11-30

Typ av åtgärd

Typ av åtgärd/verksamhet (max antal tecken 400). Det finns möjlighet att lämna en bilaga om mer utrymme behövs

En aluminiumbehandling genomförs med harvningemetod i Norrviken för att stoppa internt fosforläckage.

Aluminiumbehandling är en kostnadseffektiv metod för att åtgärda internbelastning genom att öka sedimentens fosforbindande förmåga. Aluminiumlösningen är buffrad och binder även fosfor vid syrgasfria förhållanden vilket gör att fosforbindning i sedimenten blir stabil. Se bilagor.

Syfte med åtgärden/verksamheten

Syftet med åtgärden är att hindra internläckage av fosfor och minska fosforhalterna i vattnet.

Beskriv åtgärden/verksamheten. (Max antal tecken 400). Det finns möjlighet att lämna en bilaga om mer utrymme behövs

Aluminiumlösning tillsätts det övre (0-15 cm) sedimentskiktet genom slangar. Om behandlas med olika doseringar beroende på sedimentens fosforinnehåll och karaktär. En modellerad doseringskarta, baserad på provtagning och analys av fosforinnehåll, är under framtagande. Behandling av sediment begränsas till ack. botten på djup >2 m. Det är nu oklart vilka doser som krävs, av kostnadsskäl kommer halterna minime

Nuvarande markanvändning

Nuvarande markanvändning

- Åker/vall Betesmark Mosse/kärr Hygge Barrskog Lövskog
 Blandskog Enskild vattentäkt Allmän vattentäkt Kalfjäll Annat

Annat, ange vad

Sjö

Typ av vegetation på platsen

På djup som berörs av fällningen finns få arter. Vanligast är hornsärv och gulnäckros.

Skyddade områden

Berörs skyddade områden?

- Minst ett skyddat område berörs Inget skyddat område berörs

Vilka skyddade områden berörs

- Nationalpark Naturminne Naturreservat / naturvårdsområde Djur- / växtskyddsområde
 Kulturresevat Vattenskyddsområde Natura 2000 Strandskyddsområde
 Naturvårdsavtal Generellt biotopskydd Beslutat biotopskyddsområde
 Landskapsbildsskydd

Beskriv vilka skyddade områden/typer av generellt biotopskydd som berörs och eventuell påverkan på det (max antal tecken 400). Det finns möjlighet att lämna en bilaga om mer utrymme behövs

Andra naturvärden

<i>Berörs andra naturvärden?</i> <input type="checkbox"/> Minst ett naturvärde berörs <input checked="" type="radio"/> Inga naturvärden berörs
<i>Andra naturvärden som berörs</i> <input type="checkbox"/> Klass 1 eller 2 grusinventering <input type="checkbox"/> Samrådsomr för naturvård / naturvårdsplan <input type="checkbox"/> Nyckelbiotoper / naturvärdesobjekt <input type="checkbox"/> Våtmarksinventering <input type="checkbox"/> Ängs- och betesinventering <input type="checkbox"/> Förorenad mark <input type="checkbox"/> Skyddsvärda träd <input type="checkbox"/> Skyddade arter <input type="checkbox"/> Obrutet fjäll <input type="checkbox"/> Annat <input type="checkbox"/> Riksintresse för naturvård / friluftsliv / rennärning
<i>Skyddade arter</i>
<i>Annat, ange vad</i>
<i>Beskriv eventuell påverkan på berört område (max antal tecken 400). Det finns möjlighet att lämna en bilaga om mer utrymme behövs</i>

Kulturmiljövärden

<i>Berörs kulturmiljövärden?</i> <input type="checkbox"/> Minst ett kulturmiljövärde berörs <input checked="" type="radio"/> Inga kulturmiljövärden berörs
<i>Kulturmiljövärden som berörs</i> <input type="checkbox"/> Övriga kulturhistoriska lämningar <input type="checkbox"/> Riksintressen kulturmiljö <input type="checkbox"/> Fornlämningar <input type="checkbox"/> Annat
<i>Annat, ange vad</i>
<i>Beskriv vilka kulturmiljövärden som berörs och eventuell påverkan på dem (max antal tecken 400). Det finns möjlighet att lämna en bilaga om mer utrymme behövs</i>

Vattenpassage

<i>Passerar den planerade åtgärden något vattenområde?</i> <input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nej
<i>Har du anmält åtgärden som vattenverksamhet?</i>
<input type="checkbox"/> Jag kommer att beskriva vattenpassager i en bilaga

Försiktighetsåtgärder

Försiktighetsåtgärder (max antal tecken 400). Det finns möjlighet att lämna en bilaga om mer utrymme behövs

Aluminium har låg reaktivitet vid pH 6-9 och lösningen, pH 7,2, ligger nära de naturliga pH-förhållandena i sedimenten. En möjlig effekt av behandlingen är ökad löslighet av metaller men det är osannolikt att behandlingen skulle ge en sådan effekt. Risken att aluminium i sig skulle vara toxiskt för bottenfauna, fisk och plankton bedöms vara försumbar. Se bilagor.

Kompletterande information

Kompletterande information om projektet (max antal tecken 400). Ytterligare information kan även lämnas i bilaga
Se bilagor.

Bilagor

Följande dokument kan behöva bifogas din ansökan. Markera vilka du kommer att bifoga.

- Vattenpassager Fotografier Ritning / skiss över åtgärden
 Annan bilaga, t.ex. kompletterande information och/eller miljökonsekvensbeskrivning

Jag kommer att bifoga dokument elektroniskt.

- Ja Nej, jag kommer att skicka bilagorna med vanlig post

Dokument bifogade elektroniskt

Dokument	Dok.typ	Storlek
Norrviken djupkarta 2m.pdf	Karta	701.3 KB
Norrviken översikt.pdf	Karta	2.7 MB
Fosforutbyte på olika bottendjup i Norrviken_Leverans_20160419.pdf	Bilaga	1.8 MB
Litteratursammanställning_Leverans_reviderad 2016-04-26.pdf	Bilaga	546.3 KB
Undersökning av intern belastning och läckagebenägen sedimentfosfor i Norrviken.pdf	Bilaga	500.0 KB
Ansökan_C13_LIFE IP 20161220.pdf	Bilaga	44.8 MB

2. Bekräfta att du har granskat

Jag har granskat och samtycker till automatiserad behandling av lämnade uppgifter enligt personuppgiftslagen (1998:204), PuL

Anvisningar

Sökande

Ange om sökande är fastighetsägare, verksamhetsutövare, entreprenör, konsult/ombud, arrendator eller något annat. Länsstyrelsens yttrande/beslut kommer att skickas till sökande.

Sökandens kontaktuppgifter

Ange sökandens företagsnamn, för- och efternamn, postadress dit länsstyrelsens beslut ska skickas samt telefonnummer dagtid och e-postadress.

Uppdragsgivare

Ange namn, postadress, telefonnummer och e-postadress till uppdragsgivaren. Om uppdragsgivaren är densamma som sökande behöver inte uppgifterna om uppdragsgivaren fyllas i. Kryssa i "Uppdragsgivaren är densamma som sökande".

Plats för åtgärden

Ange fastighetsbeteckning, kommun samt om markägaren godkänt åtgärden.

Tidpunkt

Ange tidpunkt för när åtgärden ska börja och avslutas.

Typ av åtgärd

Beskriv åtgärden enligt nedan:

Om väg ange längd, bredd och tillförda massor.

Om energiskogsodling ange gröda, areal, stängsling och typ av markberedning.

Om tävling och arrangemang ange ungefärligt deltagarantal, anordningar och hur området nyttjas.

Om uppslag av massor ange yta och volym för tillförda och bortgrävda massor, typ av massor, om det är permanent eller tillfälligt, om de är förorenande och i så fall på vilket sätt.

Om anläggningsarbeten ange metod: grävning, sprängning, utfyllnad m.m.

Nuvarande markanvändning

Kryssa för nuvarande markanvändning och ange typ av vegetation på platsen.

Skyddade områden

Kryssa för vilka skyddade områden som berörs av verksamheten.

Generellt biotopskydd är t.ex. allé, stenmur, odlingsröse, småvatten m.m.

Andra naturvärden

Kryssa för vilka naturvärden som berörs av verksamheten.

Kulturmiljövärden

Kryssa för vilka kulturmiljövärden som berörs av verksamheten.

Vattenpassage

Ange vattenområdets namn, metod för passage samt beskrivning av hur övergången mellan land och vatten görs.

Vid fler än en vattenpassage använd knappen "lägg till".

Om många vattenområden passeras kan ni beskriva dem i en bilaga istället för att fylla i formuläret.

Om inga vattenpassager välj knappen "Ta bort" för att ta bort Vattenpassage: 1.

Försiktighetsåtgärder

Beskriv vilka försiktighetsåtgärder som kommer att vidtas för att minska påverkan på skyddade områden, naturvärden och kulturmiljövärden samt naturmiljön i övrigt (t.ex. närliggande vattenmiljöer).

Kompletterande information

Ange upplysningar som inte har kommit fram tidigare, t.ex. övrig metodbeskrivning, anmärkningar, om ni har skickat eller ska skicka in andra ansökningar som berör samma åtgärd, t.ex. reservatsdispens.

Bilagor

Detalj-karta (skala ca 1:3 000) där åtgärden, skyddade områden och andra natur- och kulturmiljövärden samt vattenpassager finns markerade.

Du kan skicka in din anmälan elektroniskt och får då också möjlighet att bifoga ett eller flera dokument elektroniskt om de har filformaten PDF, TIF eller JPG. Ett annat alternativ är att skriva ut din anmälan och skicka in den i pappersform med bifogade dokument.

Lägg till en bilaga genom att välja dokumenttyp och därefter dokument via "Bläddra"-knappen. Klicka sedan på knappen "lägg till". Kontrollera att dokumentet hamnar i listan längst ned på sidan.

Du kan även skicka in shapefiler separat efter kontakt med Länsstyrelsen.



Havs
och Vatten
myndigheten

SOLLENTUNA
KOMMUN



Upplands Väsby
kommun

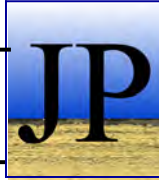


Länstyrelsen
Stockholm

Bilaga 3

till slutredovisning av delprojekt C13, bottenbehandling av sjön Norrviken
för att minska internbelastningen av fosfor.

Kartering och verifierande sedimentprovtagning i Norrviken inom LIFE IP Rich Waters



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 ± 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 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. 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). Bottnarna 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 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.

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.

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 Ponarhämtare

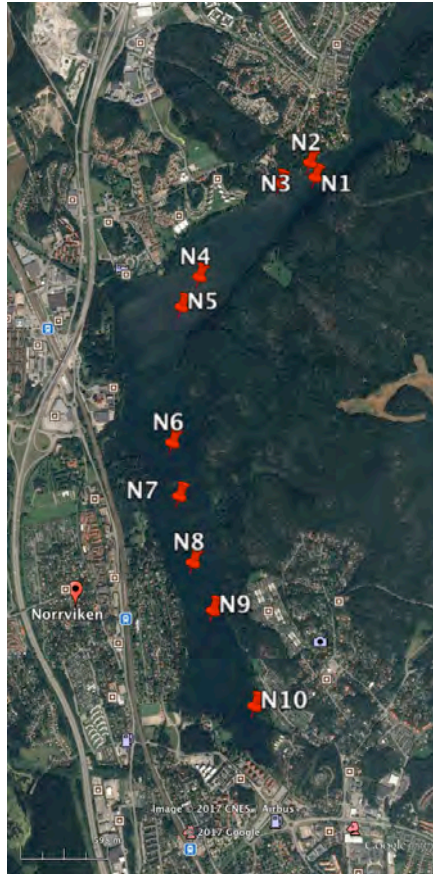
För ytsedimentprovtagning på E- och T-bottnar samt på grunt vatten användes den välbeprövade och för ytsedimentprovtagning ofta nyttjade Ponarhämtaren (Håkanson and Jansson 1983). Den har en enkel och funktionellt tillförlitlig konstruktion (Fig. 6). Löstagbara vikter gör att den kan användas på såväl 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 uppfiring 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 Ponarhämtaren 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 räddor. 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.

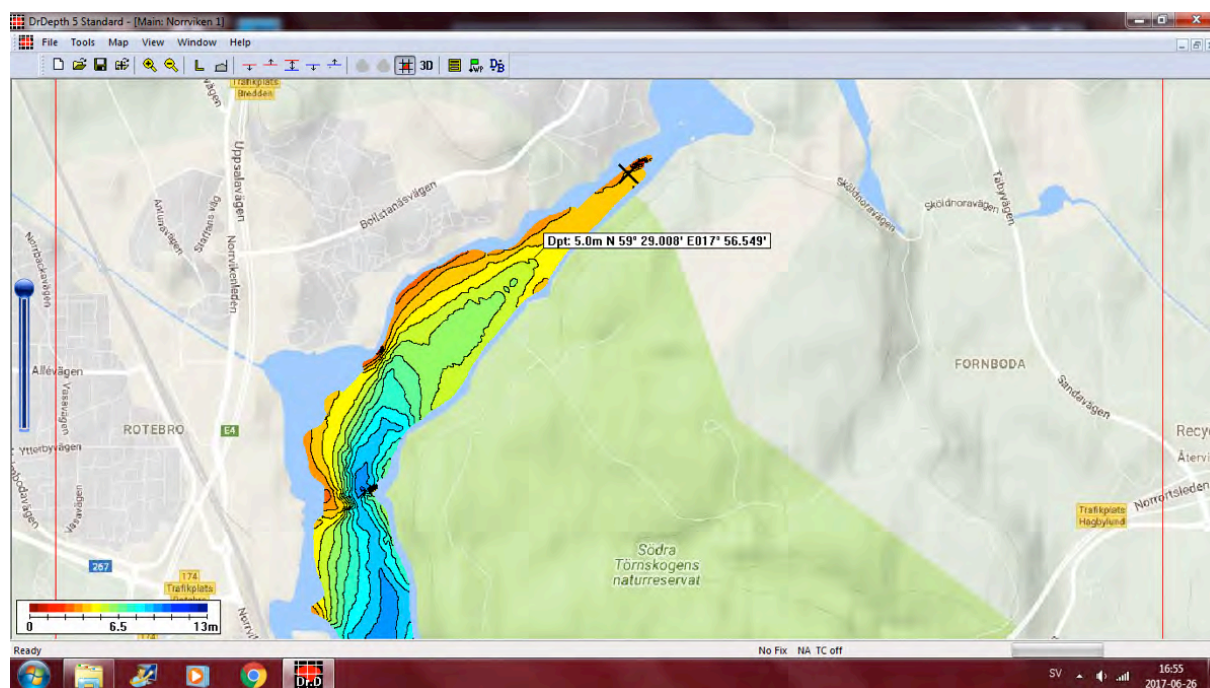
Uttag av prover för metallanalys genomfördes i kärnorna från stationerna N6, N8 och N10. Utvärdering och redovisning av dessa resultat ingick inte i uppdraget, men resultat av metallanalys av kärnan från N8 utnyttjades för översiktlig datering av kärnorna (Jfr avsnitt 4.3).

4 RESULTAT OCH DISKUSSION

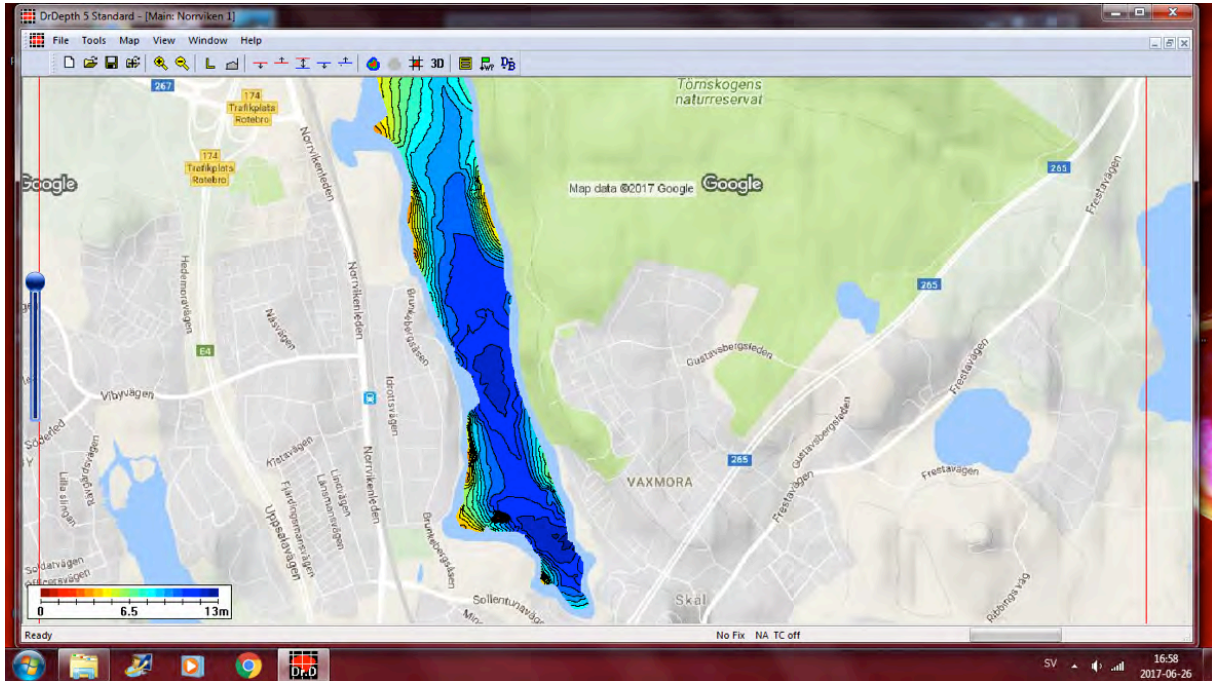
4.1 Djupmätning

Ett navigationsekolod av modell Garmin Fishfinder 400C användes kontinuerligt under provtagningen för att registrera botten djupet och ge en uppfattning om bottedynamiken. 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

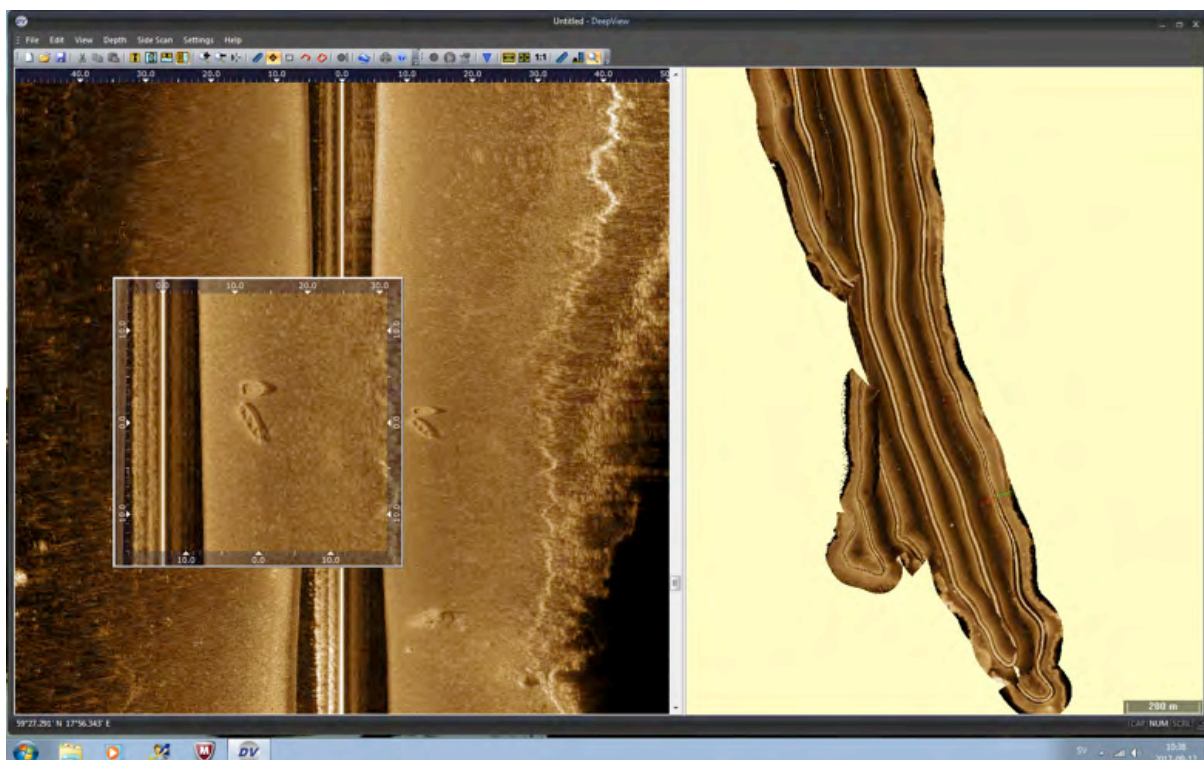
Generellt kan säjas att Norrvikens botten uppvisar många ekon och strukturer som ibland kan vara svåra att tolka. Det ingår inte i föreliggande undersökning att identifiera och bedöma om hinder finns för dosering av aluminiumsulfat i sedimenten. Vidare är rester av nedfallna träd vanliga längs de flesta 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.

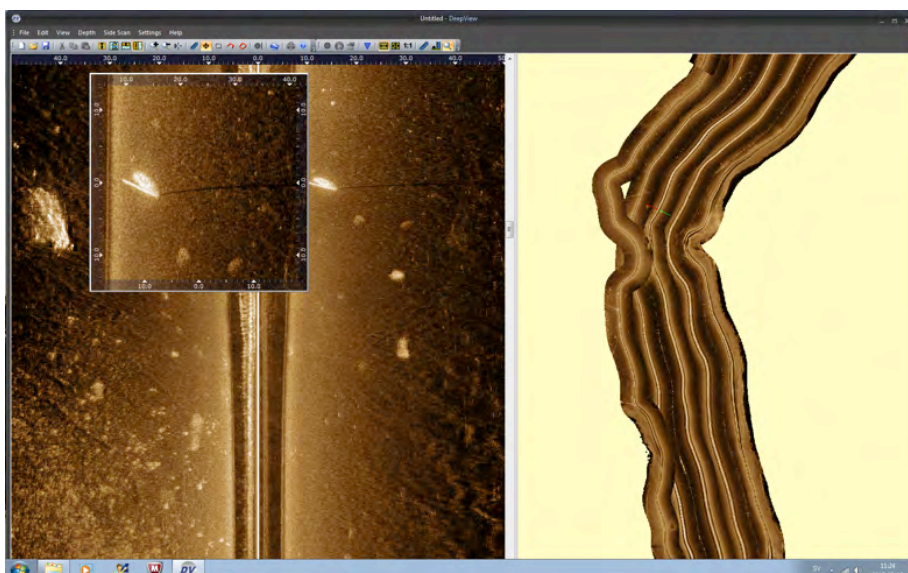
Vrak



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.

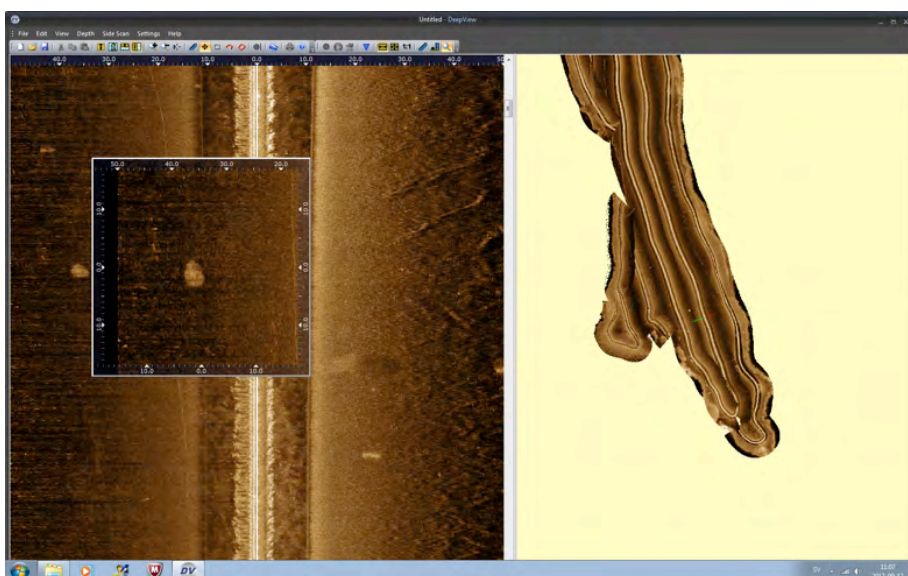
Den vänstra delen av figuren visar sonarplottet i detalj. Bilden är ytriktig och fartyget har gått nedifrån i bild och uppåt. Spåret i mitten ligger rakt under sonarfisken Ju bredare den blinda

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.

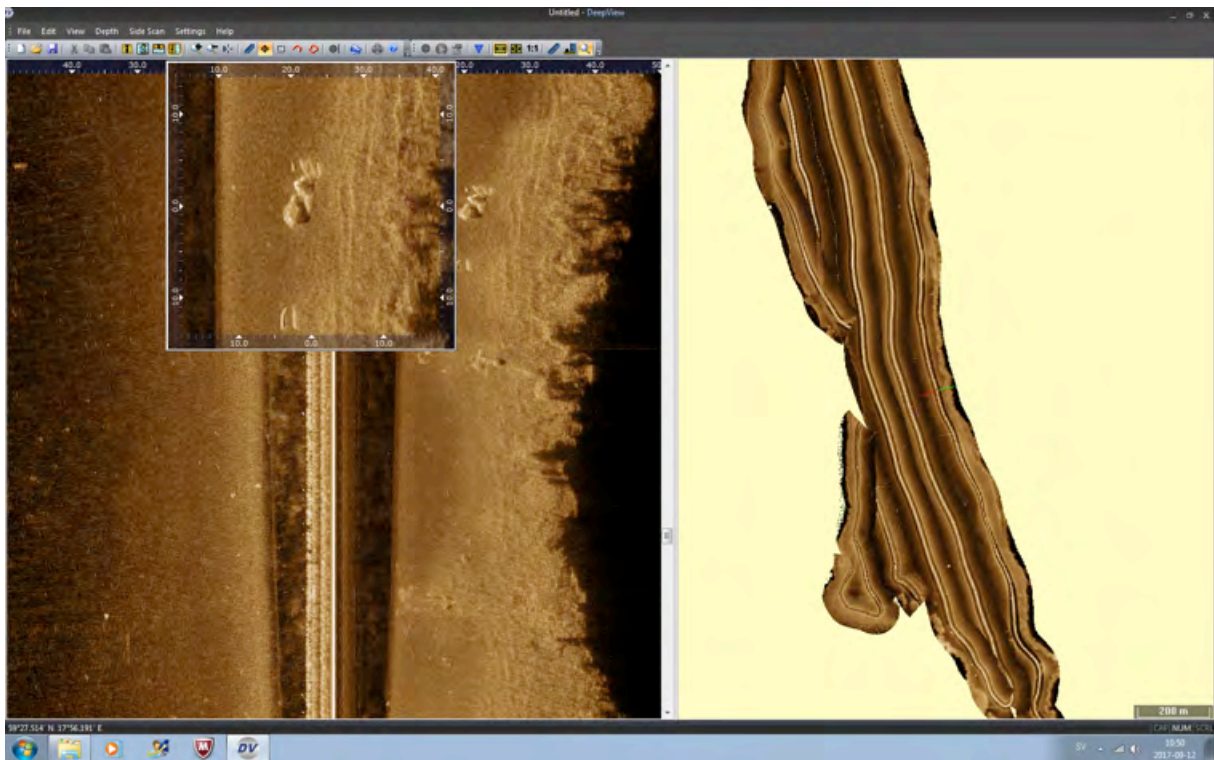


Figur 13 Troligt vrak av sjunken segelbåt med upprättstående mast som ger skugga åt höger (Lat 59°28,508' Long 17°55,664'). Båtens längd ca 5 m.

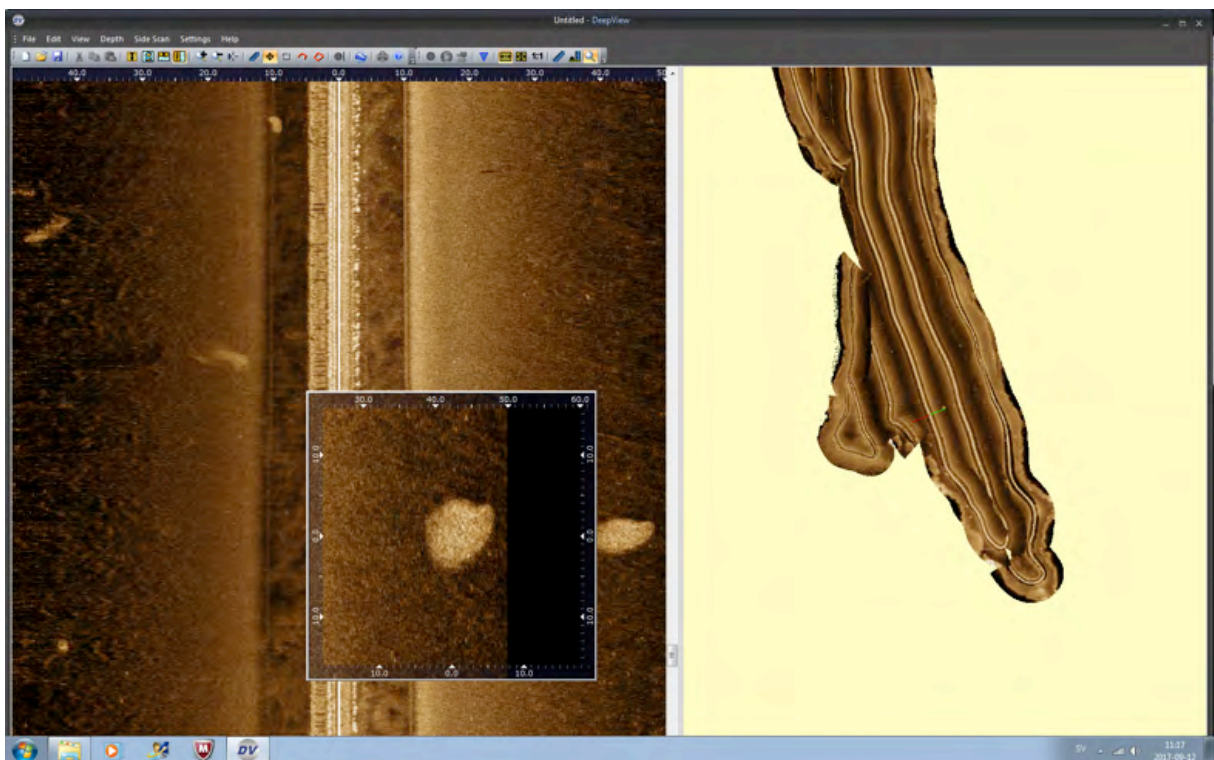
Block och stenar



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



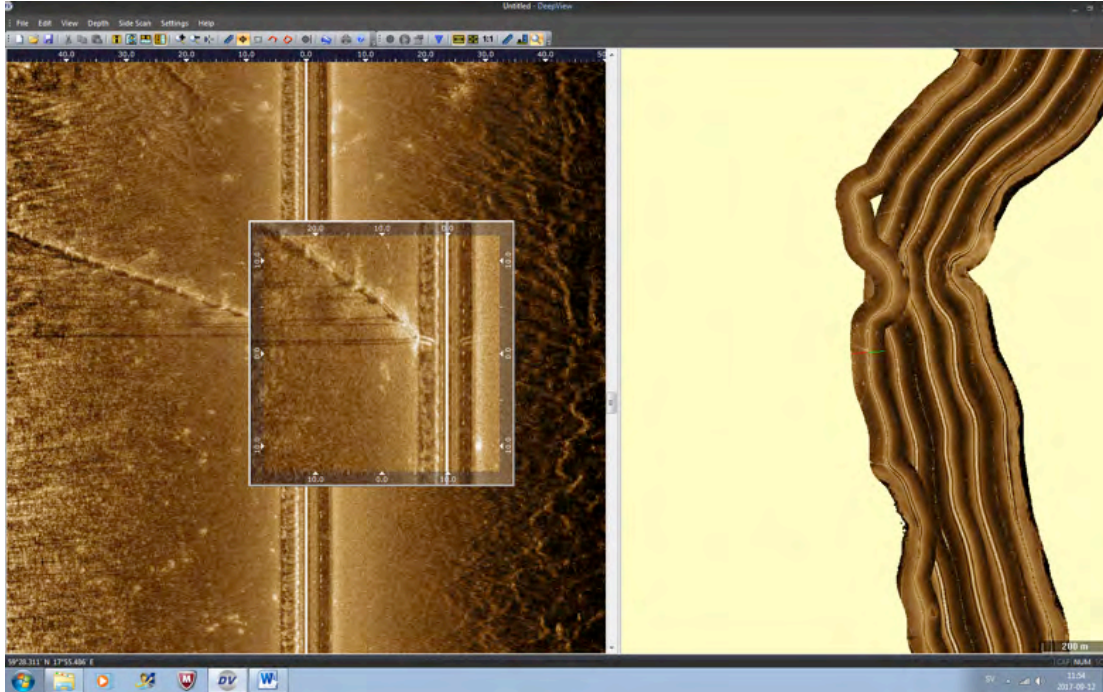
Figur 15 Stenblock längs den sydöstra stranden av Norrviken (Lat 59°27,513' Long 17°56,188').



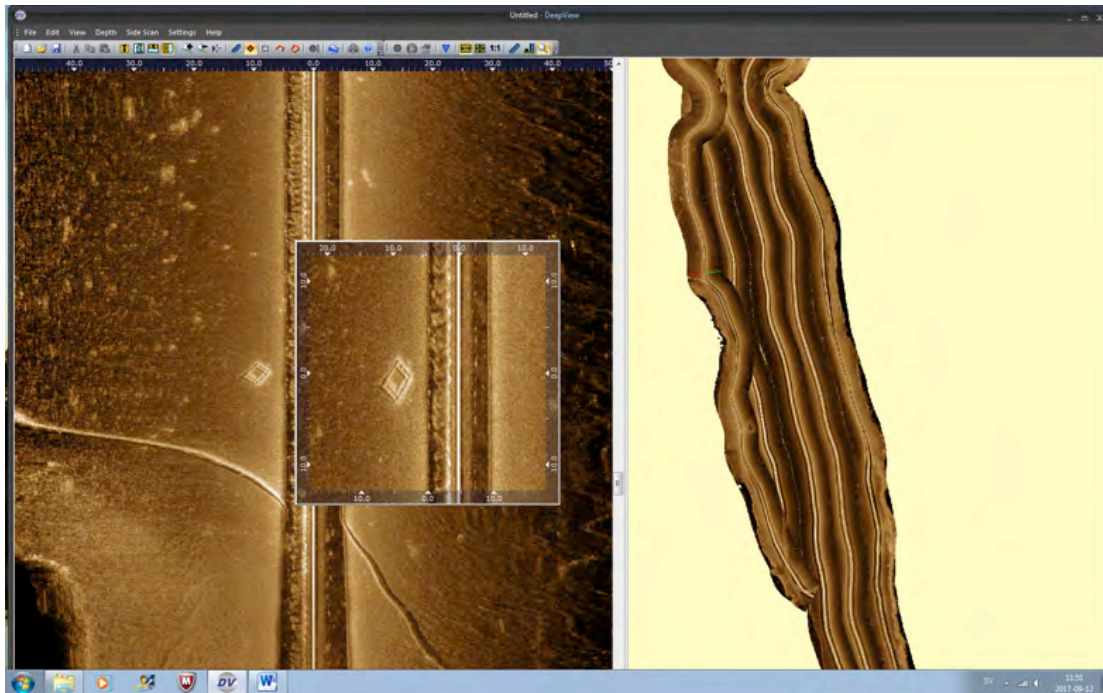
Figur 16 Stort stenblock (Lat 59°27,244' Long 17°56,202') nära den sydvästra stranden av Norrviken.

Kablar och rör

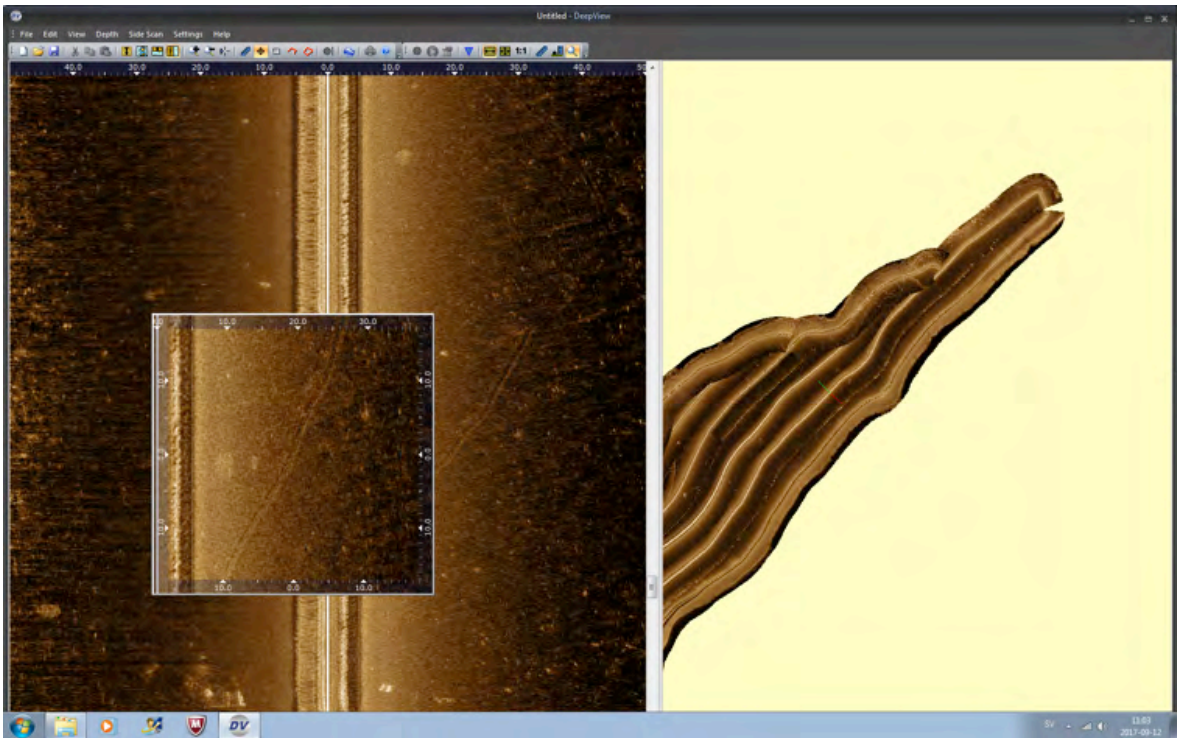
I närheten av jästfabriken noterades en mycket tydlig rörledning som tycks vara utmärkt med någon form av bojsystem (Fig. 17). Detta indikeras av de många ekona av skuggor som går till vänster i bilden.



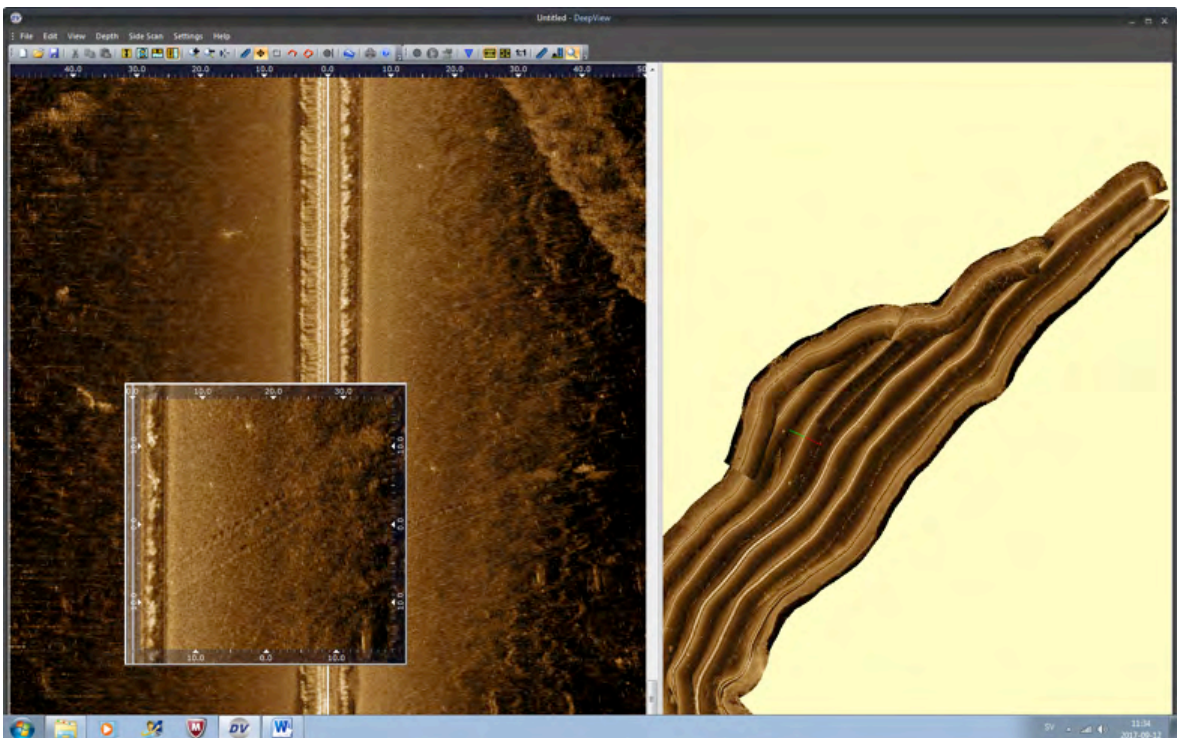
Figur 17 Rörledning utanför Jästfabriken (Lat 59°28,314' Long 17°55,484').



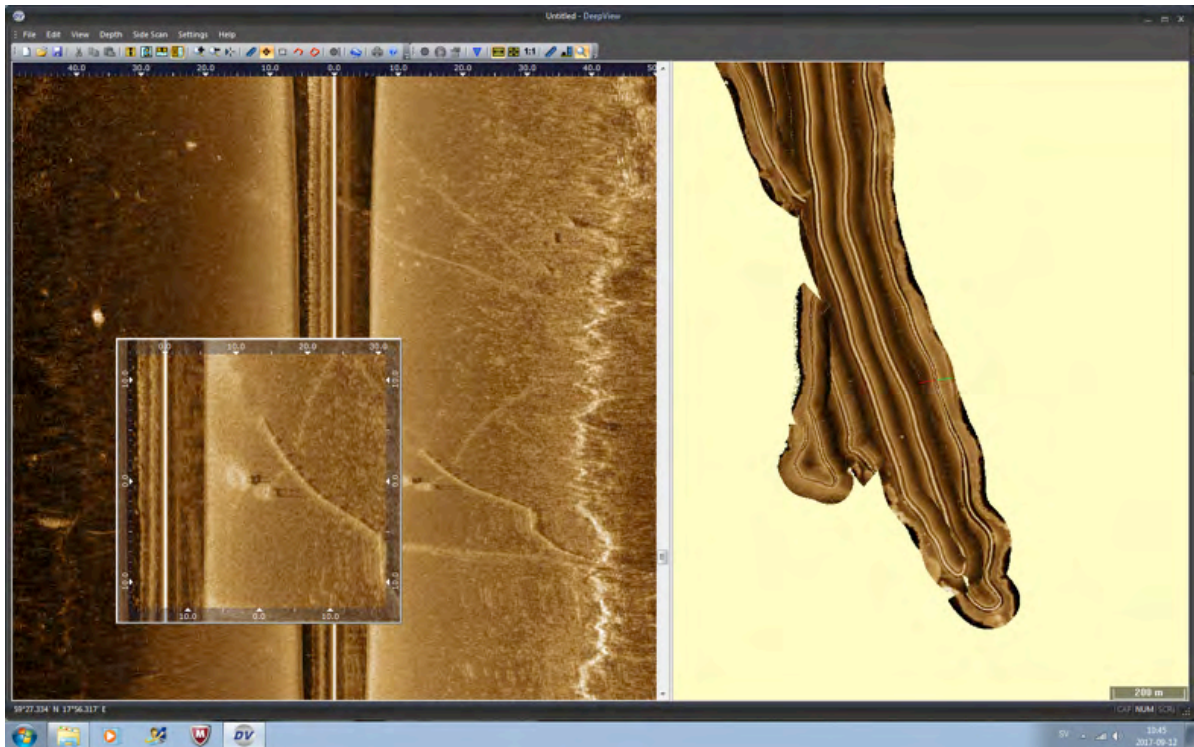
Figur 18 Rörledning alternativt kabel (Lat 59°28,125' Long 17°55,549') samt fyrkantig konstruktion (Lat 59°28,138' Long 17°55,547') på botten vid den sydvästra stranden söder om jästfabriken.



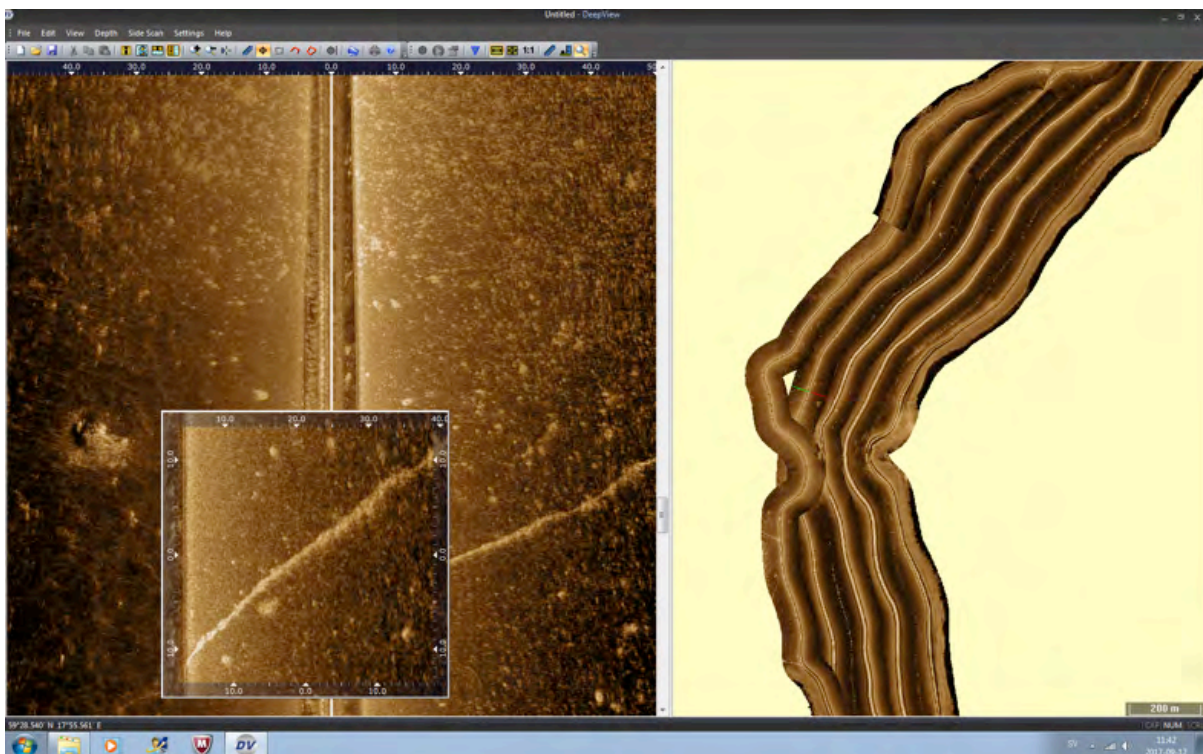
Figur 19 Svag markering av kabel eller rör (Lat 59°28,940' Long 17°56,406') i den norra delen av undersökningsområdet.



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



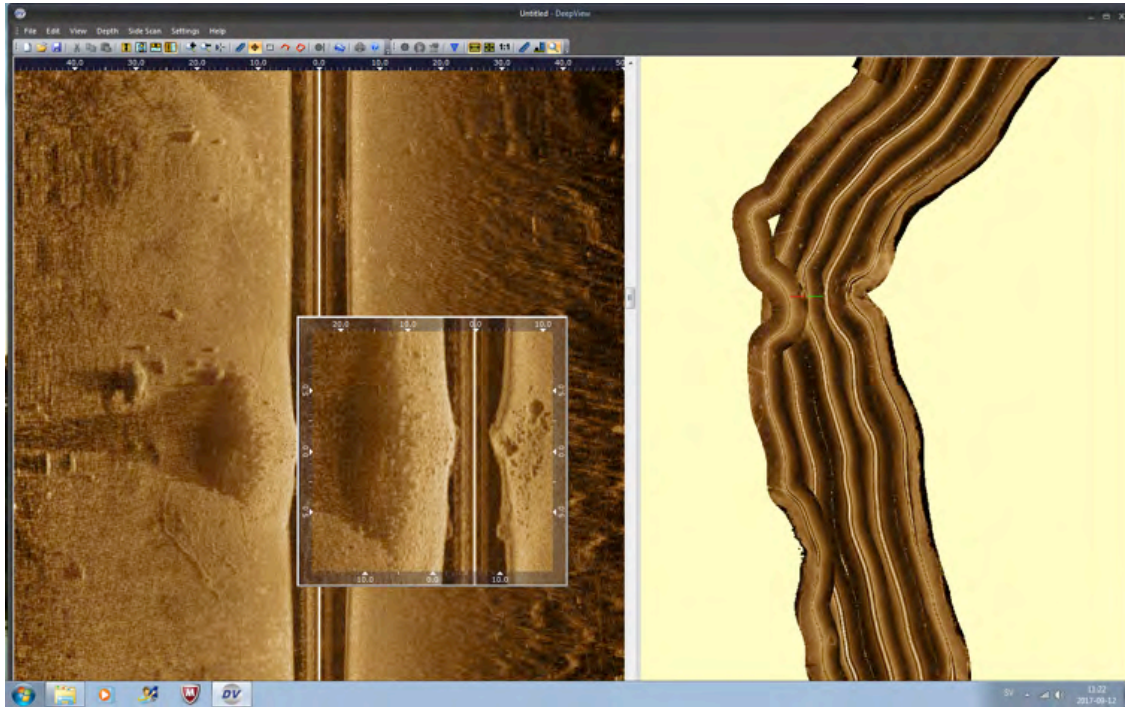
Figur 21 Rör och/eller kablar vid den sydöstra stranden av sjön (Lat 59°27,332' Long 17°56,320').



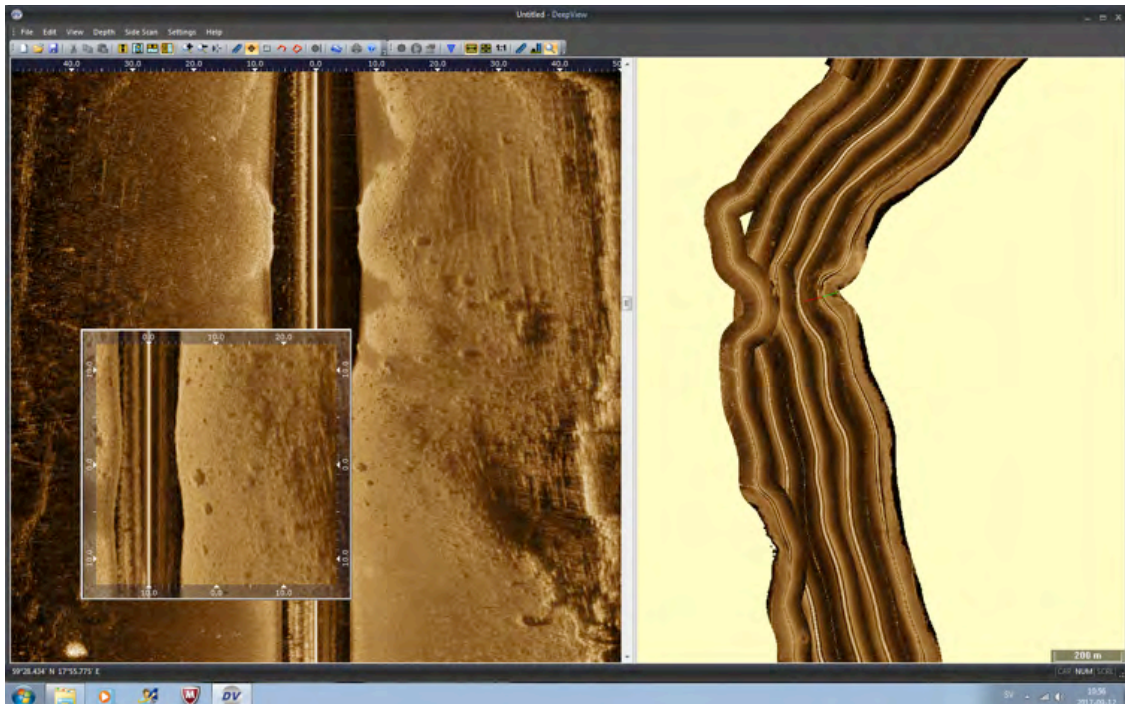
Figur 22 Rör alternativt kabel (Lat 59°28,519' Long 17°55,576') samt hård upphöjning (Lat 59°28,542' Long 17°55,609').

Grunda och hårda partier

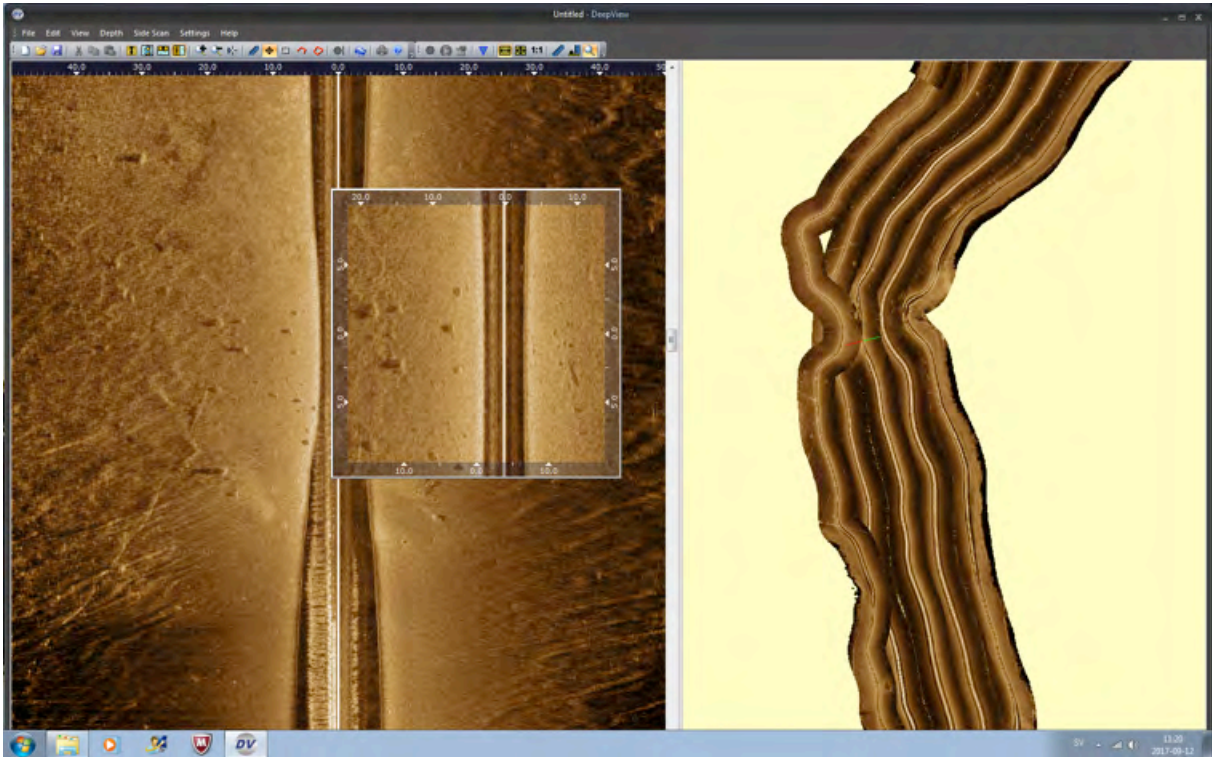
Grunda och hårda partier noterades på många ställen, men framförallt i det centrala området där sjön viker av åt nordost resp. sydost.



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

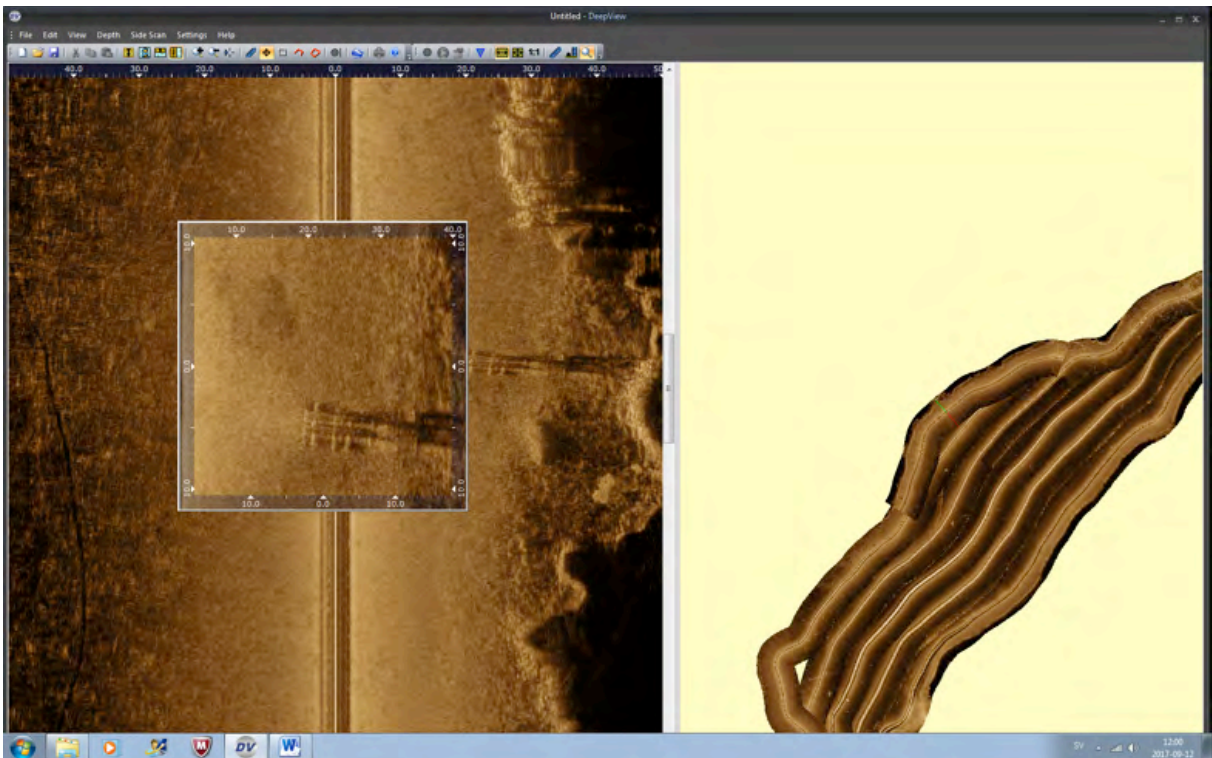


Figur 24 Grunt och hårt parti utanför jästfabriken på sjöns östra sida (Lat 59°28,435' Long 17°55,773').

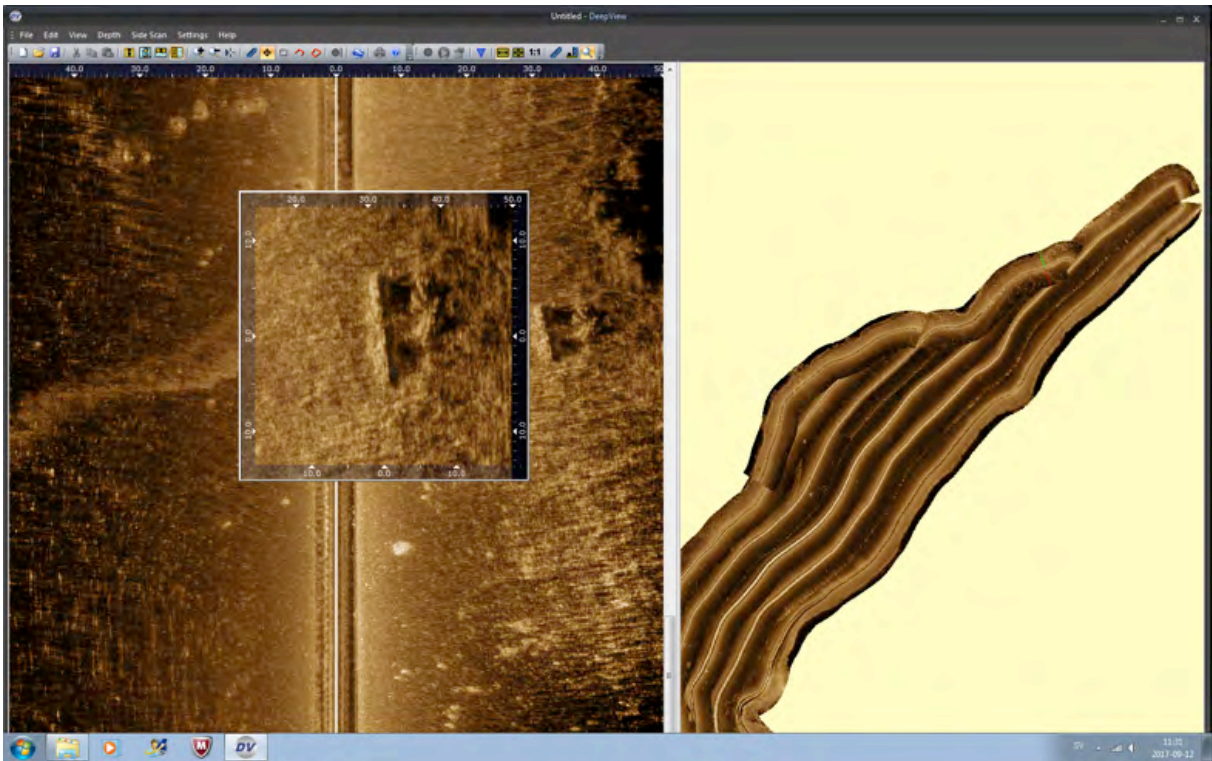


Figur 25 Mycket grunt parti utanför jästfabriken (Lat 59°28,401' Long17°55,636').

Bryggor



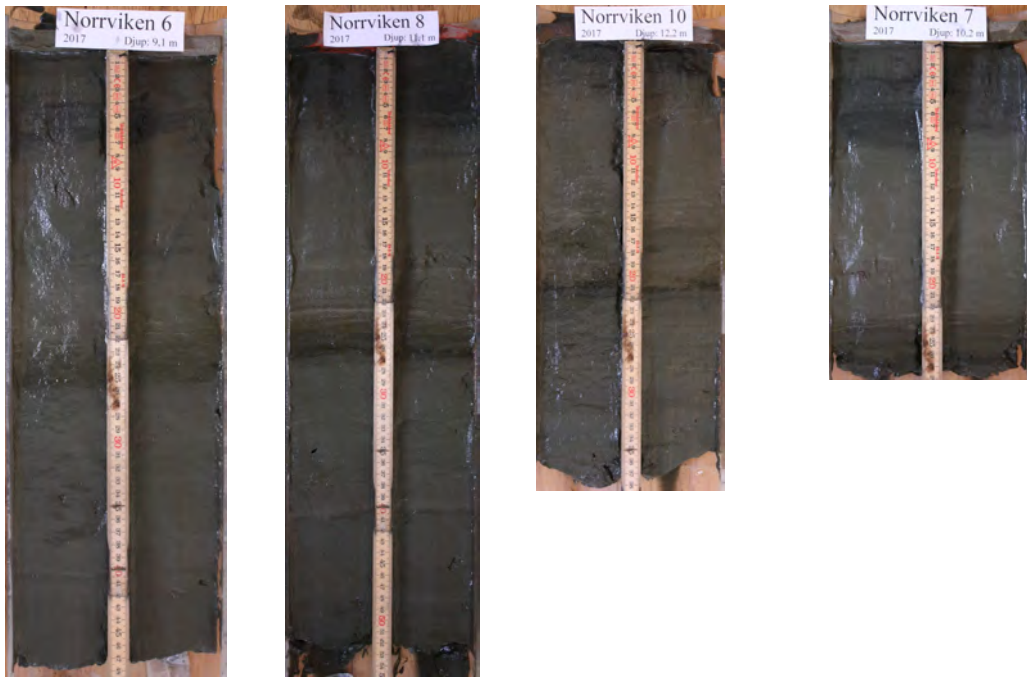
Figur 26 Brygga (Lat 59°28,950' Long17°55,936') i den nordvästra delen av sjön.



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

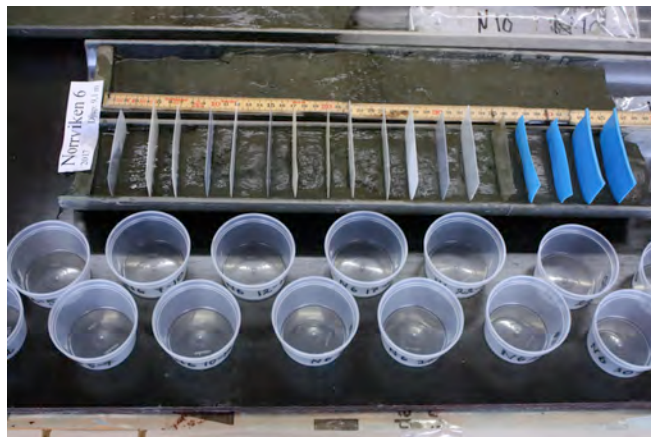
4.3 Sedimentkärnor

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.

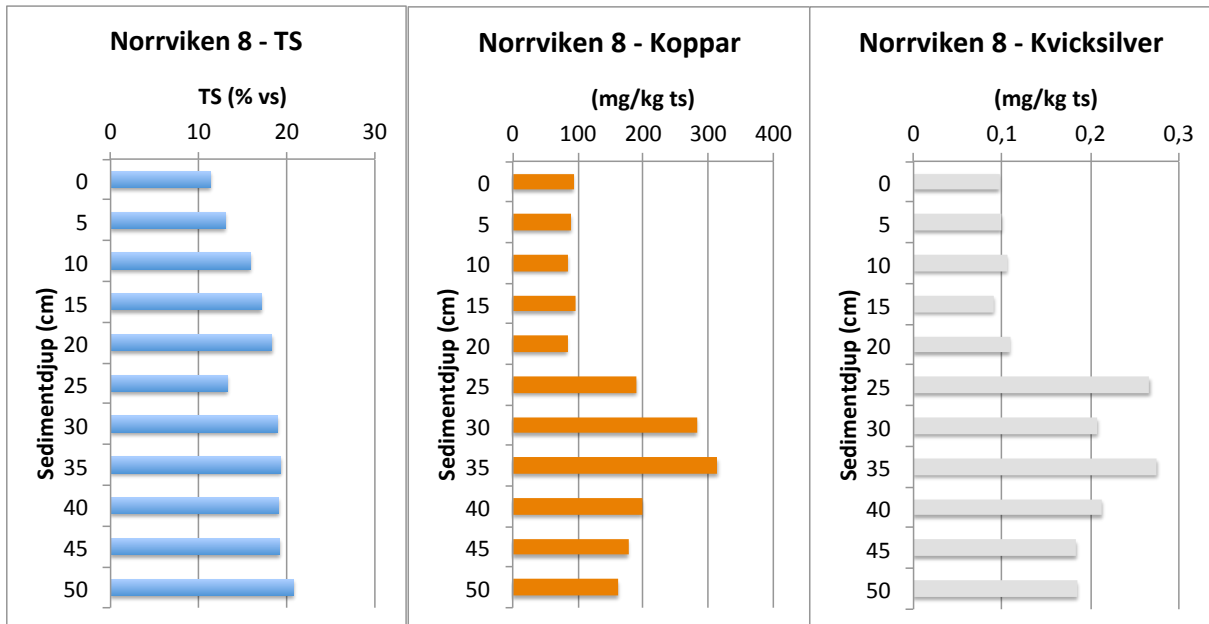
Sedimentkärnorna från N6, N8 och N10 snittades och prover uttogs för metallanalys (Fig. 29).



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

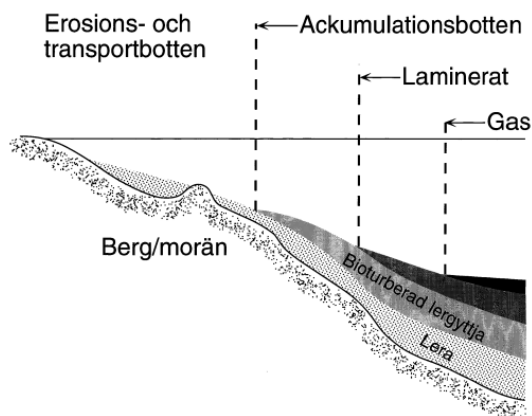
Omsättningen och depositionen av finmaterial i akvatiska miljöer är en av nyckelfaktorerna i ekologiska sammanhang eftersom finmaterialet har stor inverkan på såväl funktionen som karaktären hos ett akvatiskt ekosystem. Då man definierar fördelningen mellan olika bottentyper (=bottendynamiska förhållanden) 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 vågtopparna på ytan ger upphov till turbulens djupare ned i vattenmassan. Den är av avgörande betydelse för var ackumulationsbotten för finsediment kan uppträda. Generellt kan säjas att ovanför vågbasen uppträder erosions- och transportbotten och under den finner man ackumulationsbotten. Undantag finns där den lokala strömsituationen kan ha stor betydelse för sedimentdynamiken.

Erfarenheten visar att A-botten 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-botten och E/T-botten

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 domineras vanligen A-bottnarna av bioturberade lergyttjesediment. Om syrehalten vid botten längre eller kortare perioder underskridit 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.

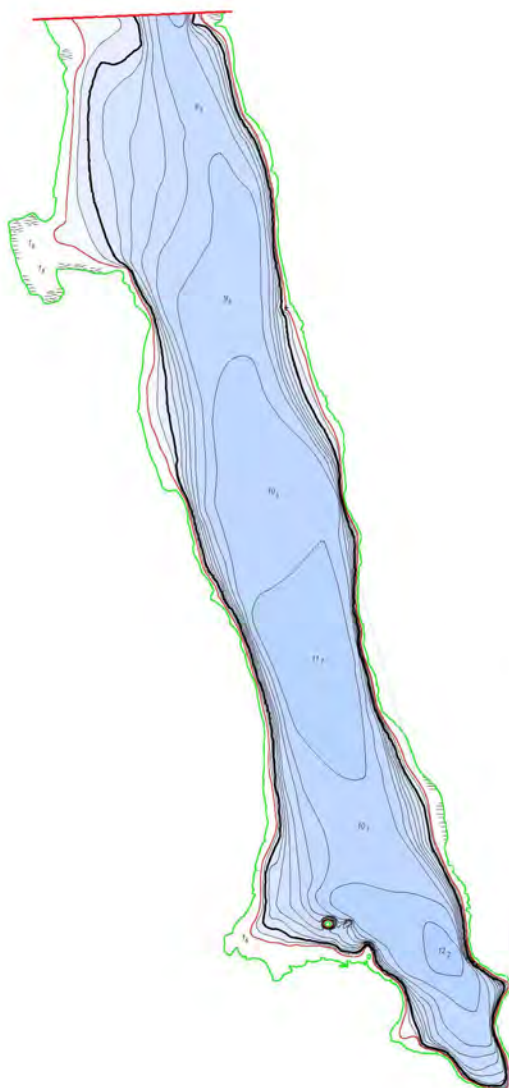


Figur 31 Principskiss över en recent lagerföljd från djupområde till strandzon.

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 ± 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).

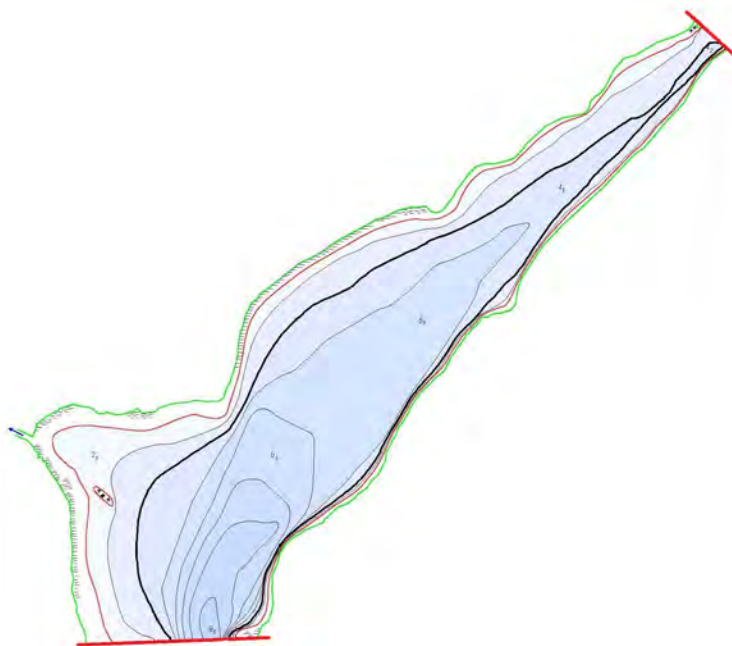
Norrvikens form, som karaktäriseras av en påtaglig vinkelskillnad mellan den norra och södra delen, medför dock att gränsen för ackumulation varierar påtagligt mellan sjöns olika delar. Som ovan beskrivits är den effektiva fetchen styrande för på vilket djup A-bottengränsen återfinns. Gränsen för ackumulation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





Havs
och Vatten
myndigheten

SOLLENTUNA
KOMMUN



Upplands Väsby
kommun



Länstyrelsen
Stockholm

Bilaga 4

till slutredovisning av delprojekt C13, bottenbehandling av sjön Norrviken för att minska internbelastningen av fosfor.

Modellering av aluminiumbehandling av sjön Norrviken i Sollentuna och Upplands Väsby kommuner

Modellering av aluminiumbehandling av sjön Norrviken i Sollentuna och Upplands Väsby kommuner



Modellering av aluminiumbehandling av sjön Norrviken i Sollentuna och Upplands Väsby kommuner

Författare: Brian Huser
Rapport: 2018:1001
Datum: oktober 2018
Sjörestaurering Sverige AB
Born Sjögatan 22
795 92 Rättvik

Denna studie har utförts på uppdrag av Sollentuna och Upplands Väsby kommuner.

Den här rapporten har producerats inom projektet LIFE IP Rich Waters med stöd av EU/LIFE och Havs- och vattenmyndigheten. Ansvaret för innehållet i denna rapport ligger helt hos författaren. Innehållet återspeglar inte Europeiska unionens hållning.

Innehåll

1	ALUMINIUMBEHANDLING I NORRVIKEN	5
1.1	ÖVERSIKTLIG BESKRIVNING AV ALUMINIUMBEHANDLINGENS OMFATTNING	5
1.2	ALUMINIUMBEHANDLINGSMETOD OCH BINDNINGSEFFEKTIVITET	6
1.3	LIVSLÄNGD AV BEHANDLING	7
1.4	MILJÖKONSEKVENSER AV BEHANDLING	8
2	MODELLERING AV ALUMINIUMBEHANDLINGEN I VATTENMASSAN	10
2.1	DOS OCH ANTAL APPLICERINGAR	10
2.2	GEOKEMISK MODELLERING AV ALUMINIUMTILLSÄTTNING	11
2.3	FÖRHÅLLANDEN EFTER BEHANDLING	17
2.4	TIDPUNKT FÖR SPRIDNING	18
2.4.1	VÅRBEHANDLING	18
2.4.2	HÖSTBEHANDLING	18
3	REKOMMENDATIONER	19
3.1	APPLICERINGSMETOD OCH ALUMINIUMFORM	19
3.1.1	HUVUDBASSÄNG	19
3.1.2	NORRA BASSÄNG	19
3.2	ALUMINIUMDOSER OCH TIDPUNKT FÖR SPRIDNING	20
3.3	ÖVERVAKNING OCH KONTROLLPROGRAM	20
4	ANDRA ÖVERVÄGANDEN	22
4.1	RESUSPENSION	22
4.2	BEHANDLING AV NORRA BASSÄNGEN	22
4.3	TILLGÄNGLIGHET AV HÖSTDATA	23
5	SLUTSATSER	24
6	REFERENSER	25
7	APPENDIX 1	27

Sammanfattning

Övergödning påverkar vattenkvalitet negativt och det kan ta mer än hundra år för sjöar att återhämta sig utan åtgärder för att minska internbelastning (Sas 1990). Det finns tydliga indikationer på intern fosforbelastning i Norrviken som stöds av vattenkemi och sedimentdata. Uppskattningar av eventuella interna fosforbelastningsnivåer, beräknade från mobil (d.v.s. läckagebenägen) fosfor i sedimentet, överensstämmer både med inkubationsförsök och andra studier. Detta tyder på att det finns ett behov av att minska den interna fosforkällan om man vill nå vattenkvalitetsmålen för Norrviken. Aluminiumbehandling har valts för att minska internbelastningen och det är en beprövad, kostnadseffektiv metod som har gjorts i några hundra sjöar under de senaste fem decennierna. Aluminium finns naturligt (som ett mineral) i sjösediment där det binder fosfor effektivt. Genom behandling kommer bindningskapaciteten av fosfor i sedimenten att öka eftersom ökade mängder aluminium kan binda fosforöverskottet (d.v.s. gamla synder) som finns i sedimenten.

Som en del av den här studien har vi modellerat olika doser av aluminium samt olika former av aluminium, med och utan buffring, som kan användas vid en förestående vattenbehandling (d.v.s. fällning). Eftersom metaller, som aluminium och järn, reagerar som svaga syror när de tillsätts i vatten, måste man ta hänsyn till vattenkemiska förhållanden för att behålla pH mellan 6,5 och 9 för att minimera risken för toxicitet. I huvudbassängen av sjön krävs ingen buffring för att behålla pH > 6,5 om man delar upp aluminiumdosen i två jämna delar (se nedan). Det kan man också göra i norra bassängen som är grundare (maxdjup < 3m), men eftersom det finns risk för resuspension i denna bassäng rekommenderas sedimentinjicering istället för vattenbehandling. I det fall sedimentinjicering utförs krävs buffring för att minska pH-ändringen i sedimenten.

Korrekt dosering av aluminium är avgörande för bindningseffektiviteten och hur långvarig effekten blir av behandlingen. För att maximera mängden av fosfor som binds av aluminium, borde hela dosen (ca 60 g/m²) delas upp i två jämna behandlingar (ca 30 g/m²) i huvuddelen av sjön. I den norra bassängen där sedimentinjicering rekommenderas är det inte möjligt att dela upp dosen på ett kostnadseffektivt sätt.

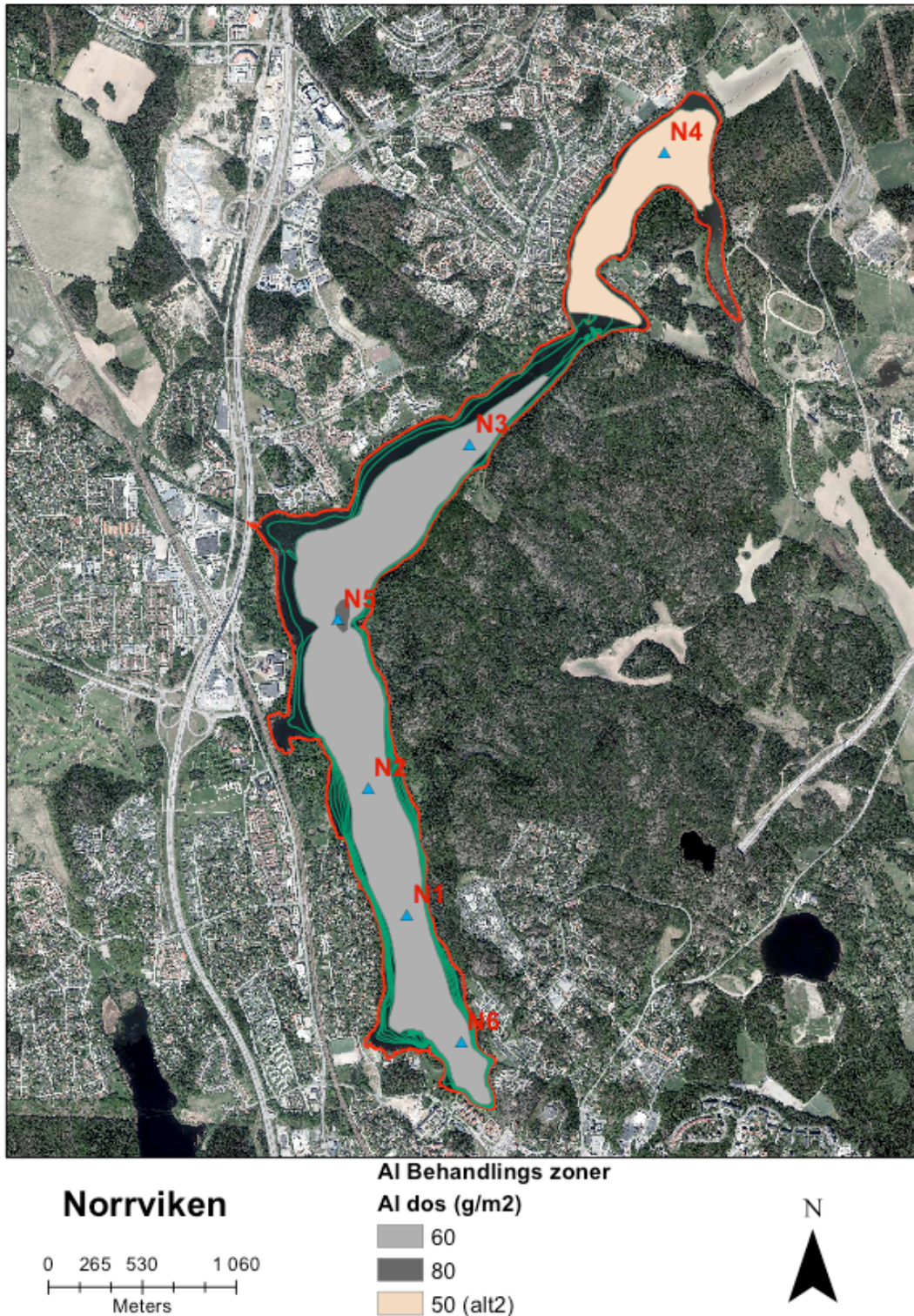
Tidpunkten för spridning är också viktigt för att lyckas med en vattenbehandling. Vår eller höst, efter omblandning av sjövattnet, fungerar bäst eftersom mest fosfor finns i sedimenten under dessa säsonger. I det här fallet rekommenderas en höstbehandling. Det finns två anledningar till denna bedömning: (1) det finns mer tid för aluminiummineralet att stabiliseras under isen och (2) lösligheten av aluminium är lägre när vattnet är kallare, vilket skyddar organismer i sjön.

1 Aluminiumbehandling i Norrviken

1.1 Översiktlig beskrivning av aluminiumbehandlingens omfattning

Två studier har gjorts för att beräkna mängden mobil fosfor (d.v.s. de fosforformer som kan frigöras från sedimentet och bidra till internbelastning). Den första gjordes 2013, men bara en del av sedimentytan analyserades (Arvidsson 2013). Den andra gjordes som en del av ett EU Life projekt (Huser et al. 2017) för att få mer information om de delar som inte undersöktes 2013. Resultaten från båda studierna användes för att beräkna mängden aluminium som behövs för att permanent binda överskottet av mobil fosfor i Norrvikens sediment (Figur 1).

Aluminiumdosen i huvudbassängen (den södra delen som markerats grå) har beräknats till 60 g/m^2 , förutom ett litet område (mörkgrå, vid N5) som behöver 80 g/m^2 för att binda den mobila fosfor. I den norra bassängen (som markerats rosa) finns det nästan lika mycket mobil fosfor i sedimenten, och dosen som krävs för att binda fosfor i den här delen är 50 g/m^2 . Dessa doser har beräknats minska internbelastning med 90 % eller mer (Arvidsson et al. 2016).



Figur 1. Behandlingszoner och aluminiumdoser för att minska internbelastning av fosfor i Norrviken. N1-N6 representerar sedimentproppar som hämtades 2017.

1.2 Aluminiumbehandlingsmetod och bindningseffektivitet

Det finns två vanliga spridningsmetoder; injicering av aluminiumlösning direkt i sedimenten (sedimentbehandling) eller tillsättning av lösning i sjövattnet (vattenbehandling). Om man använder sig av vattenbehandling kan man antingen

Modellering av aluminiumbehandling av sjön Norrviken i Sollentuna och Upplands Väsby kommuner

applicera aluminium några decimeter under ytan eller på en viss nivå ovanpå sedimentet.

Val av behandlingsmetod görs utifrån två syften; (1) för att minimera resuspension och transport av aluminiummineralet som bildas efter behandling och (2) för att minimera potentiellpåverkan på organismer i vattnet. I de branta delarna av Norrviken finns inte mycket fosforrikt sediment på bottenarna och behandlingsområdet för det mesta är platt. Båda dessa faktorer minimerar risken för transport av aluminiummineralet till andra delar av sjön efter tillsättning. Norrviken har generellt hög alkalinitet, d.v.s. hög naturlig buffringskapacitet, vilket minimerar risken för organismer under en vattenbehandling eftersom pH inte kommer att ändras mycket.

En till anledning till att använda sedimentinjicering framför vattenbehandling är att det skulle kunna öka bindningseffektiviteten av aluminium. Efter tillsättning av aluminium till sjöar, börjar mineralet att kristalliseras från en amorf till en mer kristallin form. Om det här sker innan mineralet har bundits till fosfor, minskar bindningseffektiviteten (d.v.s. hur mycket fosfor som binds av tillsatt aluminium). När man injicerar aluminium i sedimentet genom sedimentbehandling, är det troligt att aluminium "lokaliserar" och därmed binder fosfor snabbare, vilket kan öka bindningseffektiviteten. Detta har man dock ännu inte kunnat bevisa vetenskapligt (Shütze et al. 2017). Det finns även en modell som kan användas för att beräkna bindningseffektiviteten av aluminium under vattenbehandling (Huser 2012). Om bindningseffektiviteten visar sig vara låg kan man istället dela upp aluminiumdosen som krävs för att binda fosfor och applicera mindre doser vid två eller flera tillfällen. Eftersom vattenbehandling är billigare än sedimentbehandling, kan det vara lönsamt att dela upp en vattenbehandling på detta sätt för att öka chansen att få en hög bindningseffektivitet. Eftersom behandlingsområdet är ganska platt och vattnet har en naturligt högt alkalinitet är förhållandena bra för att använda vattenbehandling i huvudbassängen och få en bra behandlingseffektivitet utan risk för negativa effekter på organismer i sjön.

1.3 Livslängd av behandling

I sjöar har man i femtio år använt aluminiumsaltlösning för att minska fosforhalten i vatten (den första behandlingen i Sverige skedde i Långsjön söder om Stockholm). En nyligen publicerad studie visar att medellivslängden av över 80 aluminiumbehandlingar är 15 år (Huser et al. 2016a). Aluminiumdoseringarna för dessa behandlingar var baserade på både nya och gamla metoder (1970-1990). Den största skillnaden mellan metoderna var att de endera baserades på mängden fosfor i sedimentet eller alkalinitet i vattnet. Innan år 2000 var doserna i de flesta behandlingar baserade på alkalinitet i vattnet. Denna doseringsmetod har visat sig ha kortare livslängd av förbättringar i vattenkvalitet än väntat efter studier av några behandlingar, särskilt i grunda sjöar där det finns för lite vatten (och därmed för låg alkalinitet) för att buffra en behandling. Sedan 2000 har många doser istället beräknats baserat på fosfor i sedimenten (lättlöslig, järnbunden, och labil organisk fosfor) vilket också har lett till längre livslängder. Istället för 5 eller 10 år (Welch och Cooke 1999) kan man med denna metod generellt förvänta sig en livslängd av behandling (minskning av fosfor i ytvatten) från 15 till 20 år, eller längre, beroende på hur mycket de externa källorna (t.ex. dagvatten) har minskats (Huser et al. 2016b). Därför är korrekt dosering av aluminium avgörande för hur långvarig effekten blir av

behandlingen. Vi har använt två olika modeller för att beräkna aluminiumdoser för maximal livslängd (Huser et al. 2016a) och högst bindningseffektivitet (Huser 2012) för att kunna göra en kostnadseffektiv behandling i Norrviken.

För att uppskatta livslängden av aluminiumbehandling i Norrviken, har vi använt den empiriska modell som utvecklats av Huser et al. (2016a). Livslängden påverkas av sjömorfologi, kvoten mellan avrinningsområdets och sjöns areal, och dosen av aluminium.

Tabell 1. Uppskattad livslängd (år) av aluminiumbehandling (år) beroende på hel eller uppdelad (50 %) dos och hur stor del av sjön som behandlas.

Al dos	Livslängd per behandlad yta	
	Hela sjön	Bara huvudbassängen
100%	14,4	13,9
50%	5,8	5,6

Livslängden efter behandling av hela sjön eller bara huvudbassängen skiljer sig inte mycket, men detta är antagligen en underskattning p.g.a. hur mycket fosfor som finns i sedimenten i norra bassängen. Modellen byggdes inte heller för att beräkna sådana skillnader eftersom sjöarna som ingick i modellen oftast fick en hel sjöbehandling.

1.4 Miljökonsekvenser av behandling

Toxiciteten av aluminium i sjöar bedöms vara försumbar under neutrala förhållanden, huvudsakligen på grund av att reaktiviteten av aluminium vid pH 6-9 är väldigt låg. Aluminium är inte heller biotillgängligt vid låga och höga pH men det kan påverka organismer negativt (mest fysiskt).

De flesta toxicitetstester överskattar miljöeffekterna av en aluminiumbehandling och det är på grund av dessa faktorer:

- de neutraliserande effekterna av organiskt material i vattnet (DOC), kalcium, och kisel, som minskar potentiella effekter, saknas i tester
- pH är oftast lägre än 6 i testerna, vilket är mycket lägre jämfört med pH i naturliga sjöar
- mängden aluminium som används i testerna är mycket högre än vad man får i vattnet under en behandling

Litteraturen visar att det finns vissa effekter på organismer vid aluminiumtillsättning och att dessa effekter hänger samman med mängden aluminiumhydroxidflock, en amorf, mineralisk massa som påverkar bottenfaunans livsmiljö fysiskt. Möjliga, kortsiktiga effekter inkluderar minskad bottenfaunatäthet/abundans på grund av att de får problem att gräva/ta sig genom aluminiumlagret innan det hunnit blandas i sedimentet. Abundansen av plankton minskar också på grund av fällning med aluminiumflocken och sedan sedimenterar de till sjöbotten (vid vattenbehandling i ytvattnet). Den största förändringen som kan påverka organismer i sjöar är dock att det finns mycket mindre föda (d.v.s. fosfor). Det tog kanske 100 år för att nå en näringsrik, övergödd, status men vid en aluminiumbehandling kan näringsstatusen

minska kraftigt på bara några få veckor. Det betyder att de djur som är anpassade till övergödda förhållanden inte mår bra, men över tid kan andra, känsligare arter återigen börja trivas i sjön p.g.a. förbättrad vattenkvalitet. Tidigare studier har visat att de akvatiska samhällena återhämtar sig relativt snabbt och uppnår ett bättre tillstånd jämfört med innan behandling på grund av förbättrad vattenkemi och livsmiljö (Welch and Cooke 1999).

Geokemisk modellering kan användas för att undvika de negativa bieffekterna på organismer (se del 2) och rätt tidpunkt för tillsättning av aluminium kan minska effekterna ytterligare (se del 3).

2 Modellering av aluminiumbehandlingen i vattenmassan

Dosering av aluminium har utvecklats under de senaste decennierna. Under 1960-80 talet använde man alkalinitet i vattenmassan för att beräkna doser (Kennedy and Cooke 1982). Detta gjordes eftersom aluminium och andra liknande metaller är lätt sura. Metoden tar dock inte hänsyn till storleken på den interna fosforbelastningen i beräkningarna. Nuförtiden används mängden mobil fosfor i sedimentet för att beräkna aluminiumdosen (Rydin and Welch 1999, Huser and Pilgrim 2014). Det är en bättre metod eftersom det är sedimentfosfor som bidrar till internbelastningen.

2.1 Dos och antal appliceringar

För att minska potentiella effekter och maximera bindningseffektiviteten, rekommenderar vi två behandlingar i huvuddelen av Norrviken (30-40 g Al/m², medeldos = 30,1) under en period av 5 år. Livslängden av den första behandlingen är ca 5 år (Tabell 2), därför bör den andra behandlingen ske inom 5 år efter den första. Då finns det också tid att övervaka effekten av den första behandlingen och bedöma när resterande doser bör tillsättas. Detta är viktigt eftersom det finns ganska stora mängder organisk sedimentbunden fosfor i Norrviken (mellan 23 och 69% av totala mängden mobil sedimentfosfor). Det tar lång tid för organiskt material att brytas ned och det betyder också att bindningen mellan aluminium och fosfor tar tid vilket kan minska bindningseffektiviteten (de Vicente et al. 2008). Just nu finns det ingen metod för att beräkna hur lång tid det kommer ta för det organiska materialet i sedimentet att brytas ned och bilda mobil fosfor. En forskningsstudie på SLU kommer dock att undersöka detta närmare.. I enligt med preliminära resultat rekommenderar vi att vänta mellan 1 till 2 år för att tillsätta andra dosen.

Om norra bassängen behandlas (genom sedimentbehandling, se nedan) skulle det kosta för mycket för att dela upp aluminium dosen på grund av tiden det tar för att behandla sedimenten med den här metoden. I Tabeller 2 och 3 har vi trots detta redovisat skillnader i livslängd och bindningseffektivitet som ett resultat av uppdelas dos även för den norra delen.

Tabell 2. Livslängd beroende på hur stor del av sjön som behandlas och med vilken dos.

Bassäng	Dos uppdelning	Al dos (g/m ²)	Livslängd (år)
Hela sjön	100%	58	14,4
	50%	29	5,8
Bara huvuddelen	100%	60	13,9
	50%	30	5,6

Uppdelning av dosen kommer att öka bindningseffektiviteten enligt modellen av Huser (2012). Den bästa bindningseffektiviteten (Al:Al-P) som visats var ungefär 2:1 (Huser 2017) och med en uppdelning av 50% förväntas aluminiumbehandlingen i Norrviken att bli nära denna nivå (Tabell 3).

Tabell 3. Modellerad bindningseffektivitet som kan förväntas beroende på uppdelning av aluminiumdos. Den rekommenderade uppdelningen markeras med fet text.

Al dos	Huvud delen	Norra delen
Al:Al-P		
100%	5,5:1	3,7:1
75%	4,5:1	4,5:1
50%	3,5:1	2,1:1
25%	2,5:1	1,3:1

Man kan kanske få en liten förbättring av bindningseffektivitet om man delar upp dosen ännu mer (4*25%), men man måste ta hänsyn till både extra kostnader (fyra istället för två behandlingar) och mängden aluminium i vattnet under behandling. För att få en bra fällning krävs det en viss mängd aluminium för att bilda en bra flock som sedan sjunker ner till sedimentytan. Om man tillsätter för lite aluminium, kan dessutom lösliga former vara ett problem, vilket visas i nästa kapitel (2.2).

2.2 Geokemisk modellering av aluminiumtillsättning

Innan en aluminiumbehandling görs måste man beräkna en aluminiumdos som är säker och ger bra behandlingsförhållanden (d.v.s. bra fällning av aluminium mineralet). Det kan göras med geokemiska modeller. Modellen som har använts i denna studie heter PHREEQC och har utvecklats av USGS (Parkhurst och Appelo 2013). Modellen utgår från mängden aluminium som ska tillsättas samt vattenkemiska data från sjön (se Appendix 1) för att estimerar pH-ändringar och aluminiumkoncentrationer i vattnet under aluminiumbehandling. Halten oorganiskt aluminium under behandling styrs av en rad olika faktorer såsom pH, alkalinitet, halten organisk kol, och halten av andra joner i sjövattnet (Köhler och Andren 2014). Under behandling bildas den amorfa formen av aluminiumhydroxid ($\text{Al}(\text{OH})_3$) men sedan börjar mineralet kristallisera till den kristallina formen som heter gibbsit (ett naturligt mineral). Lösligheten av mineralet minskar under denna process och båda formerna har använts för att modellera aluminium i vattnet under (amorf) och efter (gibbsit) behandling. Man kan också använda buffrade former av aluminium och de resultat som presenteras nedan inkluderar behandlingar med icke buffrade och buffrade former av aluminium.

Tabell 4 och 5 visar hur pH ändras vid tillsättandet av olika doser av obuffrad aluminiumsaltlösning till olika delar av Norrviken under en vår- eller höstbehandling. Om man delar upp dosen i huvudbassängen, hålls pH inom ett säkert intervall även om man använder aluminium utan buffring. I norra delen krävs en buffrad form av aluminium för att förhindra pH-sänkning. Detta eftersom den norra delen har en naturligt lägre alkalinitet p.g.a. dess avsevärt mindre vattenvolym. Notera dock att eftersom sediment har en naturlig buffringsförmåga, så visar de modellerade resultaten för vattenbehandling i den norra bassängen en kraftigare sänkning av pH än den pH-sänkning som skulle ske i vattnet vid en sedimentbehandling. Alla tabeller nedan visar en skala från 0 till rekommenderade doser för olika delar av sjön. Uppdelning av dosen (50%) indikeras i en ruta för varje del av sjön.

Tabell 4. Modellerade pH, oorganiskt aluminium (Aloorg), totalt löst aluminium (TAI) och procent organiskt bunden aluminium (Aloorg) baserat på amorf form av Al(OH)₃ och vattenkemiska data från vår 2017 (norra delen) och 2018 (huvuddelen). Värden för oorganiskt Al som överskrider gränsvärden för laxfisk (30 ug/L) eller andra mindre känsliga arter (50 ug/L) markerades med orange respektive röd färg. Modellen är baserad på tillsättning av obuffrad aluminiumsaltlösning.

Bassäng	Al dos (g/m ²)	pH	Aloorg (ug/L)	TAI (ug/L)	%Aloorg
Huvud (60 g/m ²)	6,0	7,5	26,2	26,2	0,1
	12,0	7,3	19,2	19,2	0,3
	18,0	7,2	15,1	15,2	0,7
	24,0	7,1	12,4	12,7	1,6
	30,0	7,0	10,7	11,0	3,3
	36,0	6,9	9,4	10,0	5,9
	42,0	6,9	8,5	9,5	9,8
	48,0	6,8	7,9	9,3	15,0
	54,0	6,8	7,5	9,6	21,3
	60,0	6,7	7,3	10,3	28,6
Huvud (80 g/m ²)	8,0	7,4	24,2	24,2	0,1
	16,0	7,3	17,1	17,2	0,4
	24,0	7,1	13,2	13,4	1,3
	32,0	7,0	10,8	11,2	3,1
	40,0	6,9	9,3	9,9	6,3
	48,0	6,9	8,3	9,4	11,4
	56,0	6,8	7,7	9,4	18,5
	64,0	6,7	7,4	10,1	27,1
	72,0	6,6	7,3	11,4	36,5
	80,0	6,6	7,4	13,5	45,7
Norra delen	5,0	7,2	14,5	14,6	0,9
	10,0	6,9	9,0	9,7	7,5
	15,0	6,7	7,4	10,0	26,6
	20,0	6,5	7,5	15,3	50,9
	25,0	6,4	9,3	29,3	68,3
	30,0	6,2	13,7	60,1	77,3
	35,0	6,0	24,6	118,8	79,3
	40,0	5,8	60,8	215,9	71,8
	45,0	5,5	285,1	482,0	40,8
	50,0	5,2	1458,4	1665,5	12,4

Tabell 5. Modellerade pH, oorganiskt aluminium (Aloorg), totalt löst aluminium (TAI), och procent organiskt bunden aluminium (Alorg) baserat på amorf form av Al(OH)₃ och vattenkemiska data från höst 2017 (inlopp data, Norra) och 2008-2017 (sjö och utlopp data, Norra). Värden för oorganiskt Al som är nära eller överskrider gränsvärden för laxfiske (30 ug/L) eller andra mindre känsliga arter (50 ug/L) markerades med orange respektive röd färg. Modellen är baserad på tillsättning av obuffrad aluminiumsaltlösning.

Bassäng	Al dos (g/m ²)	pH	Aloorg	TAI (ug/L)	%Alorg
Huvud (60 g/m ²)	6,0	7,5	28,4	28,5	0,1
	12,0	7,3	20,2	20,3	0,2
	18,0	7,2	15,6	15,7	0,7
	24,0	7,1	12,8	13,0	1,6
	30,0	7,0	10,8	11,2	3,3
	36,0	7,0	9,5	10,1	6,2
	42,0	6,9	8,6	9,6	10,4
	48,0	6,8	8,0	9,5	16,1
	54,0	6,8	7,5	9,8	23,0
	60,0	6,7	7,3	10,6	30,9
Huvud (80 g/m ²)	8,0	7,5	26,1	26,1	0,1
	16,0	7,3	17,9	17,9	0,4
	24,0	7,2	13,6	13,7	1,2
	32,0	7,0	11,0	11,4	3,1
	40,0	6,9	9,4	10,0	6,6
	48,0	6,9	8,3	9,5	12,2
	56,0	6,8	7,7	9,6	19,9
	64,0	6,7	7,3	10,4	29,3
	72,0	6,6	7,2	11,9	39,2
	80,0	6,6	7,4	14,4	48,8
Norra	5,0	7,0	11,2	11,7	4,7
	10,0	6,8	8,1	10,4	22,7
	15,0	6,6	7,3	14,7	50,3
	20,0	6,5	8,0	27,7	71,1
	25,0	6,3	10,4	57,7	82,0
	30,0	6,1	15,8	118,6	86,7
	35,0	6,0	29,2	224,0	87,0
	40,0	5,7	74,9	375,6	80,1
	45,0	5,4	351,3	718,3	51,1
	50,0	5,2	1500,5	1883,1	20,3

För att testa olika former av buffrat aluminium, använde vi PAX14 i huvudbassängen (den minst buffrade PAX-formen) och PAX XL100 i den norra bassängen (Tabell 6 och 7) under både vår- och höstförhållanden.

Tabell 6. Modellerade pH, oorganiskt aluminium (Aloorg), totalt löst aluminium (TAI) och procent organiskt bunden aluminium (Aloorg) baserat på amorf form av Al(OH)₃ och vattenkemiska data från vår 2017 (norra delen) och 2018 (huvuddelen). Värden för oorganiskt Al som överskrider gränsvärden för laxfisk (30 ug/L) markerades med orange färg. Buffrade former PAX14 och PAX XL100 användes i huvud respektive norra delen av sjön.

Bassäng	Al dos (g/m ²)	pH	Aloorg	TAI (ug/L)	%Aloorg
Huvud (60 g/m ²)	6,0	7,5	28,6	28,6	0,1
	12,0	7,4	22,0	22,0	0,1
	18,0	7,3	17,8	17,9	0,4
	24,0	7,2	14,9	15,1	0,7
	30,0	7,1	12,9	13,1	1,4
	36,0	7,1	11,4	11,7	2,4
	42,0	7,0	10,2	10,6	4,0
	48,0	6,9	9,3	10,0	6,2
	54,0	6,9	8,7	9,5	9,1
	60,0	6,8	8,2	9,3	12,7
Huvud (80 g/m ²)	8,0	7,5	26,8	26,8	0,1
	16,0	7,3	19,9	20,0	0,2
	24,0	7,2	15,8	15,9	0,6
	32,0	7,1	13,1	13,2	1,3
	40,0	7,1	11,2	11,5	2,6
	48,0	7,0	9,9	10,4	4,7
	56,0	6,9	8,9	9,7	7,7
	64,0	6,8	8,2	9,4	11,9
	72,0	6,8	7,8	9,4	17,2
	80,0	6,7	7,5	9,8	23,5
Norra	5,0	7,3	19,8	19,8	0,2
	10,0	7,1	12,8	13,0	1,5
	15,0	7,0	9,6	10,2	5,3
	20,0	6,8	8,1	9,3	13,6
	25,0	6,7	7,4	10,0	26,6
	30,0	6,6	7,3	12,4	41,5
	35,0	6,5	7,7	17,2	55,1
	40,0	6,4	8,8	25,5	65,6
	45,0	6,3	10,6	39,0	72,8
	50,0	6,2	13,7	60,1	77,3

Tabell 7. Modellerade pH, oorganiskt aluminium (Aloorg), totalt löst aluminium (TAI), och procent organiskt bunden aluminium (Aloorg) baserat på amorf form av Al(OH)₃ och vattenkemiska data från höst 2017 (inlopp data, Norra) och 2008-2017 (sjö och utlopp data, Huvuddelen). Värden för oorganiskt Al som är nära eller överskrider gränsvärden för laxfisk (30 ug/L) markerades med orange färg. Buffrade former PAX14 och PAX XL100 användes i huvudbassängen respektive norra delen av sjön.

Bassäng	Al dos (g/m ²)	pH	Aloorg (ug/L)	TAI (ug/L)	%Aloorg
Huvud (60 g/m ²)	6,0	7,5	31,4	31,4	0,0
	12,0	7,4	23,5	23,6	0,1
	18,0	7,3	18,7	18,8	0,3
	24,0	7,2	15,5	15,6	0,7
	30,0	7,1	13,2	13,4	1,4
	36,0	7,1	11,6	11,9	2,5
	42,0	7,0	10,4	10,8	4,1
	48,0	6,9	9,4	10,1	6,5
	54,0	6,9	8,7	9,6	9,6
	60,0	6,8	8,2	9,5	13,6
Huvud (80 g/m ²)	8,0	7,5	29,2	29,3	0,1
	16,0	7,4	21,1	21,1	0,2
	24,0	7,2	16,4	16,5	0,6
	32,0	7,1	13,4	13,6	1,3
	40,0	7,1	11,4	11,7	2,6
	48,0	7,0	10,0	10,5	4,9
	56,0	6,9	9,0	9,8	8,2
	64,0	6,9	8,3	9,5	12,8
	72,0	6,8	7,8	9,5	18,6
80,0	6,7	7,4	10,0	25,4	
Norra	5,0	7,2	13,8	14,1	1,9
	10,0	7,0	10,2	11,0	7,0
	15,0	6,9	8,4	10,2	17,8
	20,0	6,7	7,5	11,4	33,6
	25,0	6,6	7,3	14,7	50,3
	30,0	6,5	7,5	21,0	64,2
	35,0	6,4	8,3	32,0	74,0
	40,0	6,3	9,7	49,7	80,4
	45,0	6,2	12,0	77,4	84,4
	50,0	6,1	15,8	118,6	86,7

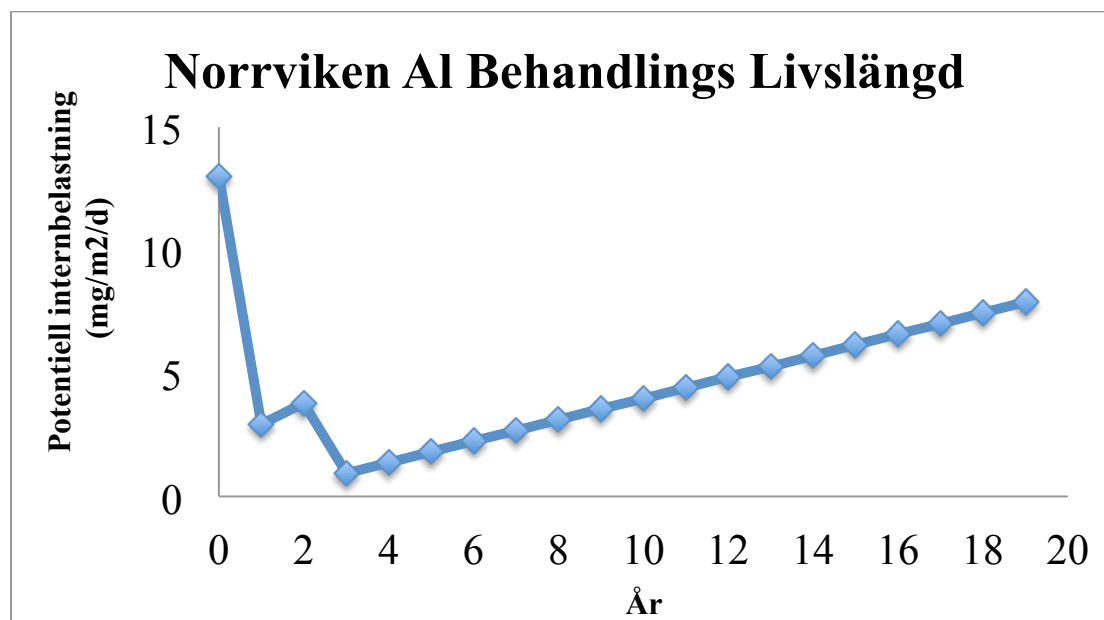
Den största skillnaden mellan tillsats av obuffrad och buffrad aluminiumsaltlösningar syns i norra bassängen där PAX XL100 användes för att buffra behandlingen. pH minskar inte så mycket att det understiger 6 och oorganiskt aluminium överskrider inte gränsen (30 ug/L) vilket gör att man undviker negativa effekter på känsliga

fiskarter såsom laxfisk. Dessutom kommer det in mycket nytt vatten från inloppet under behandling, vilket kommer att ge en högre buffringskapacitet och större säkerhetsmarginal. Även i huvudbassängen minskar inte pH lika mycket med användning av PAX-14 lösningen jämfört med tillsättning av aluminium utan buffring.

2.3 Förhållanden efter behandling

Efter genomförd behandling kommer aluminium att kristalliseras under några månader (amorft $\text{Al}(\text{OH})_3$ blir ett mineral som heter gibbsit) och lösligheten minskar. Enligt utförd modellering (resultaten inte visas eftersom alla koncentrationerna är mindre än rapporteringsgränsen) med den mer kristallina formen gibbsit, kommer aluminiumhalter i vattnet minska kraftigt och återspegla mängder som nyligen uppmätts i Norrviken (d.v.s. $< 10 \text{ ug/L}$).

När man delar upp en vattenbehandling är det viktigt att veta när följande behandling ska ske. Vi har modellerat internbelastningshastighet baserat på siffror i tidigare studier (Arvidsson et al. 2013) för att visa hur en uppdelad behandling skulle påverka internbelastningen av fosfor i Norrviken (huvudbassängen, Figur 2).



Figur 2. Ändring av internbelastning efter uppdelad aluminiumbehandling i huvudbassängen i Norrviken med två års mellanrum (baserat på uppskattad livslängd från Huser et al. 2016a).

Enligt modellen som utvecklats av Huser och Pilgrim (2014) får man en 75% minskning av internbelastning under första året och därefter en ca. 90% minskning efter andra behandlingen. Det är ungefär samma minskning som uppmätts i ett tidigare labförsök (Arvidsson et al. 2016). Ökningen av internbelastning efter behandling är baserat på livslängdsmodellen som utvecklats av Huser et al. 2016. Om externbelastningen minskar kan modellen underskatta livslängden av en behandling.

2.4 Tidpunkt för spridning

Med vattenbehandling i huvudbassängen ska man behandla under vår eller höst, efter vattenomblandning. Under sommaren finns det många partiklar i vattnet (t.ex. plankton) samt högre vattentemperatur och pH som kan öka lösligheten och mängd suspenderat aluminium. Under sommaren har även en del av den sedimentbundna fosfor redan läckt ur sedimenten. Det finns några för- och nackdelar gällande behandling under vår respektive höst vilka beskrivs nedan. I norra delen rekommenderar vi att använda sedimentbehandling (se kapitel 3.1.2). Eftersom den metoden tar mycket längre tid (2-4 månader) är det inte möjligt att begränsa behandlingen till bara vår eller höst. Om det finns indikationer på att fosfor har släppts från sedimenten under sedimentbehandlingen, tillsätts en del av aluminium dosen till vattnet för att binda och fälla den. Det gjordes i Flaten (år 2000) men krävdes inte under behandling i Långsjön (2006).

2.4.1 Vårbehandling

Fördelar:

- Om man tillsätter aluminium under våren, ser man oftast effekten direkt under följande sommar.
- Generellt finns det mer mobil fosfor i sedimenten (lättlöslig och järnbunden fosfor) eftersom labil organisk fosfor har brutits ned under vintern.

Nackdelar:

- De flesta fiskarter leker under våren, vilket kan öka risken för stress och störning av leken. De grundare delarna av sjön där t.ex. fisk normalt leker behandlas dock inte.

2.4.2 Höstbehandling

Fördelar:

- I sjöar som täcks av is under vintern finns det mer tid för aluminium att stabiliseras (kristalliseras) utan vind eller andra påverkningar som kan transportera mineralet från grundare till djupare delar av sjön.
- Det finns mindre risk för resuspension under isen (Egemose et al. 2009).
- Lösligheten av aluminium lägre i kallare vatten.

Nackdelar:

- Det kan finnas mer organisk fosfor i sedimentet. Det tar tid för den organiska formen att brytas ned, vilket kan minska bindningseffektiviteten (de Vicente et al. 2008). Den här effekten har dock inte bevisats långsiktigt i sjösediment.

För att maximera tiden för stabilisering av aluminiummineralet i sedimenten och för att minska risken för stress på fisk och andra arter i sjön rekommenderar vi en höstbehandling. Det här utesluter dock inte en vårbehandling. Om våren är en bättre tid p.g.a. andra faktorer, såsom finansiering eller tillgänglighet av behandlingsfirmor, kan behandling också utföras under våren på ett säkert sätt.

3 Rekommendationer

För att säkerställa en säker och effektiv behandling har vi modellerat och beräknat aluminiumdoser som kan minska både internbelastning av fosfor från sedimenten och potentiella effekter på organismer i Norrviken. Aluminiumdoser har också beräknats för att få en kostnadseffektiv bindning av fosfor och en förbättring av vattenkvaliteten i sjön på lång sikt.

Behandlingen kommer att genomföras på mjukbottnar, vilket grovt sett sammanfaller med områden under 4-meters (huvudbassäng) eller 2-meters kurvan (norra bassäng) motsvarande ca 70 % av sjöns areal samt ca 136 respektive 37 ha i vardera bassäng (Figur 1). Därmed lämnas strandbrinkar och grunda bottnar ostörda vilket möjliggör en återkolonisation av botten djur från dessa områden. Grundområdena bidrar även med mer buffring (alkalinitet) som inte har inkluderats i modelleringen, vilket gör våra resultat konservativa och ger mer säkerhetsmarginal.

Varianter av vald polyaluminiumklorid (PAX XL100 och PAX14) är vanligt förekommande i den fysiska reningen av dricksvatten och i den kemiska reningen av fosfor i avloppsreningsverk och vattenförekomster. PAX XL100 har tidigare använts vid behandling i sjöar som Flaten och Långsjön i Stockholm, med goda resultat (Schütz et al. 2017).

3.1 Appliceringsmetod och aluminiumform

3.1.1 Huvudbassäng

Förhållandena i huvudbassängen stödjer vattenbehandling av aluminium, vilket vi rekommenderar. Alkaliniteten är hög (mellan 2,4 och 2,7 mek/L beroende på säsong och vattendjup) och appliceringsområdet är ganska platt vilket möjliggör en stabil och effektiv behandling.

Ingen buffring krävs men ren aluminiumklorid ($\text{Al}(\text{Cl})_3$) är ganska aggressiv ur hanteringssynpunkt. Det är den största anledningen till att aluminiumsulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) har använts i andra länder såsom USA. Därför rekommenderar vi att använda den minst buffrade formen av polyaluminiumklorid, PAX-14. Det kommer att begränsa pH-minskningen något (Tabell 6 och 7) och ger också bättre flockulering och fällning. Om det är en stor prisskillnad mellan ren aluminium och polyaluminiumklorid kan man överväga användning av ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) istället för $\text{Al}(\text{Cl})_3$.

3.1.2 Norra bassäng

I den norra bassängen rekommenderas sedimentinjicering av två anledningar:

1. Alkaliniteten är hög men det finns mycket mindre vatten eftersom den norra delen är grund, vilket betyder att den naturliga alkaliniteten totalt sett är lägre.
2. Risken för resuspension och transport av aluminiummineralet är högre på grund av det mindre vattendjupet.

I den norra bassängen krävs en buffrad form av aluminium för att minska pH-ändringen. Vi rekommenderar PAX XL100 som har 40% buffringsförmåga. Detta är samma form aluminium som tillsattes till Långsjön söder om Stockholm 2006. Innan Modellering av aluminiumbehandling av sjön Norrviken i Sollentuna och Upplands Väsby kommuner

tillsättning rekommenderar vi dock att man gör ett pilotförsök för att undersöka pH-ändringen i sedimenten. Det är väldigt svårt att modellera potentiella kemiska ändringar i sedimentet under injicering av aluminium. Dessutom finns det inga studier som har undersökt det här. Sediment har troligtvis ännu högre buffringsförmåga jämfört med sjövattnet (Huser och Rydin 2005), men eftersom man tillsätter aluminium till en mindre volym kan eventuellt pH minska mer i sedimenten än vad som visats i den här rapporten. Under behandling i Långsjön minskade pH 0,4 enheter i vattnet, och det minskade antagligen ännu mer i sedimenten. Men det är svårt att säga med hur mycket och under hur lång tid, om det hände alls.

3.2 Aluminiumdoser och tidpunkt för spridning

Aluminiumdoserna för att minska internbelastning och ändra sedimentfosfor från löslig till fast bunden fosfor är mellan 60 och 80 g/m² i huvudbassängen och 50 g/m² i norra bassängen. För att förbättra bindningseffektiviteten och minska stress på vattenlevande organismer rekommenderas en 50% uppdelning av totaldosen i huvudbassängen (Tabell 8) som tillsätts med 1-2 års mellanrum. Med hänsyn till risken för resuspension/transport och löslighet av aluminiummineralet rekommenderas behandling under höstperioden. Det ger tid för stabilisering av mineralet under isen.

I norra bassängen rekommenderar vi ingen uppdelning p.g.a. appliceringsmetoden (sedimentbehandling) och eftersom en uppdelning inte är effektivt ur kostnadssynpunkt. Eftersom det tar längre tid att göra en sedimentbehandling (ca. 2-4 månader), och eftersom aluminium injiceras direkt i sedimenten kan behandlingen ske under en stor del av växtsäsongen (april-september) och det är omöjligt att begränsa behandlingstiden till bara vår eller höst. Behandling bör dock inte påbörjas innan hela vattenmassan har omblandats.

Om det inte är möjligt att behandla norra delen, är ett alternativ att behandla huvudbassängen en tredje gång, se tabell 8. Det här diskuteras vidare i sektion 4 (andra överväganden).

Tabell 8. Al dos, antal appliceringar, och tidpunkt för behandling. Den ”X” i parentes representerar alternativet där behandling utförs tre gånger i huvudbassängen och där ingen behandling utförs i den norra delen. Dosen avser de två första behandlingarna medan dosen för den tredje behandlingen behöver bestämmas längre fram. Den lägre dosen i huvudbassängen avser den stora ytan medan den högre dosen i huvudbassängen avser den lilla delen i området kring N5 (Figur 1).

	Aluminium dos (g/m ²)	År		
		0	2	7-12
Huvudbassängen	30-40	X	X	(X)
Norra delen	50	X		

3.3 Övervakning och kontrollprogram

För att säkerställa en säker och effektiv behandling rekommenderar vi också att:

- Mäta pH regelbundet i vattenmassan under behandling och om pH underskrider 6,5 eller överskrider 9, ska behandlingen stoppas tills sjövattnet har återhämtat sig.
- Tillåt inte behandling under oväder eller höga vindhastigheter för att förhindra transport av aluminiumflocken i vattenmassan.
- Utveckla ett kontrollprogram som inkluderar provtagning och analys av sedimenten efter behandling för att säkerställa att rätt mängd aluminium tillsatts. Detta kommer att göras som en del av projektet LIFE IP Rich Waters.

4 Andra överväganden

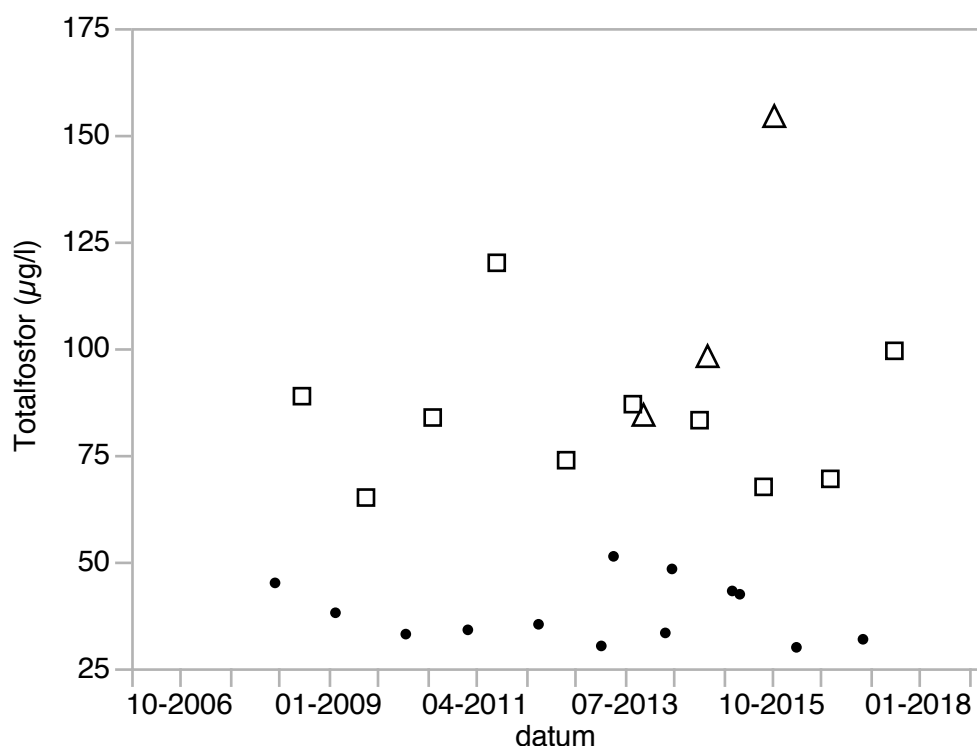
4.1 Resuspension

Aluminiumflocken stabiliseras efter 2-4 månader efter tillsättning i vattenmassan (Egemose et al. 2009). Efter denna tidsperiod har $\text{Al}(\text{OH})_3$ -flocken generellt blandats i sedimentet naturligt och är också mer kristallin. Med sedimentbehandling minimeras risken för resuspension eftersom aluminium injiceras direkt i de översta sedimentlagren. I grunda delar av sjöar kan en del av sedimentet resuspenderas ändå, på grund av naturliga processorer (e.g. vind).

Både karpfiskar och vind kan resuspendera sediment, men under vintern är effekten mycket mindre på grund av minskad biologisk aktivitet och isbildning. Behandlingsområdet ligger mellan 4 och 12 m vattendjup i huvudbassängen, vilket minskar risken för resuspension av sediment och tillsatt aluminium. Den norra bassängen är dock ganska grund, och här rekommenderas därför sedimentinjicering för att minska resuspension och transport till obehandlade delar.

4.2 Behandling av norra bassängen

Tydliga indikationer på förhöjda koncentrationer av totalfosfor i ytvattnet kan observeras i den norra bassängen, särskilt under sommarperioden (Figur 3). Men, i dagsläget är det inte aktuellt att behandla den delen. Fosfor i sedimenten i den norra delen av sjön kommer fortsätta att läcka och troligtvis påverka vattenkvaliteten och livslängden av behandlingen i huvudbassängen.



Figur 3. Uppmätta totalfosforhalter i ytvatten i norra bassängen sedan 2008. Kvadrater och trianglar indikerar värden från sommar respektive höst. De svarta punkterna visar totalfosforhalter under vinter och vår (november-mars)

Ett sätt att hantera fosfor som läcker ut från den norra bassängen skulle kunna vara att vänta tills fosfor från norra bassängen har transporterats till huvudbassängen och sedan binda den där, med en tredje behandling. Det är dock svårt att uppskatta när den tredje behandlingen bör ske, men mellan 5 och 10 år efter det att den andra behandlingen har applicerats kan vara rimligt. Regelbunden övervakning i norra- så väl som huvudbassängen kan ge bra underlag för att bestämma om (och när) en tredje behandling kan vara aktuell. Lämplig dos för en eventuell tredje behandling får beräknas inför behandlingen.

4.3 Tillgänglighet av höstdata

Input data till PHREEQC-modellen för att beräkna förhållanden under en höstbehandling uppskattades enbart med analysvärden från ytvattnet. Om behandlingen utförs under höstsäsongen skulle dock nya data från hela vattenpelaren bli tillgängliga och modellen bör då köras om med nya data. Detta har också redan planerats som en del av den här studien. Risker att data från hela vattenpelaren ändrar slutsatserna från modelleringen anses vara mycket liten.

5 Slutsatser

För att säkerställa en säker och effektiv behandling har vi modellerat och beräknat aluminiumdoser som kan minska både internbelastning av fosfor från sedimentet och potentiella effekter på organismer i Norrviken. Aluminiumdoser har också beräknats för att få en kostnadseffektiv bindning av fosfor och en förbättring av vattenkvaliteten i sjön på ett långsiktigt sätt. Aluminiumdoserna har delats upp så att det finns tid mellan behandlingar för att förfina/justera doserna.

Vattenbehandling rekommenderas i huvudbassängen och sedimentbehandling rekommenderas i norra bassängen baserat på geomorfologiska och kemiska förhållanden. Uppdelning av hela dosen rekommenderas i huvudbassängen och behandling borde ske under höstsäsongen för att förbättra förhållandena för stabilisering av mineralet och för att minska risk för stress på organismer i sjön. I norra bassängen där sedimentbehandling rekommenderas är det inte möjligt att dela upp dosen på ett kostnadseffektivt sätt eftersom det tar mycket mer tid att köra den metoden.

Övervakning av pH och vädret under behandling rekommenderas för att säkerställa en adekvat behandling med maximal fällning (huvudbassäng) eller sedimentinjicering (norra bassäng). Vid oväder eller om pH överskrider gränserna ska behandlingen stoppas tills förhållanden för säker och effektiv behandling kan garanteras.

6 Referenser

Arvidsson, M. et al. 2013. Undersökning av intern belastning och läckagebenägen sedimentfosfor i Norrviken. Rapport 2013:18, Naturvatten.

Arvidsson, M. et al. 2016. Fosforutbyte på olika bottendjup i Norrviken. Rapport 2014:4, Naturvatten.

de Vicente, I., P. Huang, F. O. Andersen, and H. S. Jensen. 2008. Phosphate adsorption by fresh and aged aluminum hydroxide. Consequences for lake restoration. *Environmental Science & Technology* 42:6650-6655.

Egemose, S., G. Wauer, and A. Kleeberg. 2009. Resuspension behaviour of aluminium treated lake sediments: effects of ageing and pH. *Hydrobiologia* 636:203-217.

Huser, B.J. and E. Rydin. 2005. Phosphorus inactivation by aluminum in Lakes Gårdsjön and Härsvatten during the industrial acidification period in Sweden. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 62(8): 1702-1709.

Huser, B.J., 2012. Variability in phosphorus binding by aluminum in alum treated lakes explained by lake morphology and aluminum dose. *Water Research* 46(15), 4697-4704.

Huser, B.J. and Pilgrim, K.M., 2014. A simple model for predicting aluminum bound phosphorus formation and internal loading reduction in lakes after aluminum addition to lake sediment. *Water Research* 53(0), 378-385.

Huser, B.J. et al. 2016a. Longevity and effectiveness of aluminum addition to reduce sediment phosphorus release and restore lake water quality. *Water Research* 97:122-132.

Huser, B.J. et al. 2016b. In-lake measures for phosphorus control: The most feasible and cost-effective solution for long-term management of water quality in urban lakes. *Water Res.* 97:142-152.

Huser, B.J. och Kikuchi, J. 2017. Läckagebenägen fosfor i Norrvikens sediment. EU LIFE IP Rich Waters: Analysis of measures to reduce internal loading in eutrophic lakes.

Kennedy, R.H. and Cooke, G.D., 1982. Control of lake phosphorus with aluminum sulfate - Dose determination and application techniques. *Water Resources Bulletin* 18(3), 389-395.

Köhler, S.J. och Andrén, C. 2014. Analys och riskbedömning för kemiska variabler som styr oorganiskt aluminium i ytvatten. Rapport 2014:13, SLU.

Parkhurst, D.L. and Appelo, C.A.J. 2013. A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 6, 497pp.

Modellering av aluminiumbehandling av sjön Norrviken i Sollentuna och Upplands Väsby kommuner

25

Rydin, E. and E. B. Welch. 1999. Dosing Alum to Wisconsin Lake Sediments Based on in vitro Formation of Aluminum Bound Phosphate. *Lake and Reservoir Management* 15:324-331.

Sas, H. 1990. Lake Restoration by Reduction of Nutrient Loading - Expectations, Experiences, Extrapolations. *International Association of Theoretical and Applied Limnology - Proceedings*, Vol 24, Pt 1 24:247-251.

Schütz, J., E. Rydin, and B.J. Huser 2017. A newly developed injection method for aluminum treatment in eutrophic lakes: Effects on water quality and phosphorus binding efficiency. *Lake and Reservoir Management* 33(2), 152-162.

Welch, E. B. and G. D. Cooke. 1999. Effectiveness and Longevity of Phosphorus Inactivation with Alum. *Lake and Reservoir Management* 15:5-27.

7 Appendix 1

Tabell 1. Vattenkemiska data som användes i PHREEQC-modellen.

Bassäng			Höst		Vår	
			Värden	Noteringar	Värden	Noteringar
Huvud	Temp	C	10		10	
	pH		7,77		7,7	
	Redox	pe	4		4	
	Alkalinity	meq/L	2,55		2,6	
	Ca	mg/L	48		55	
	Cl	mg/L	45,5		46	
	Mg	mg/L	7,56		8,3	
	Na	mg/L	29,9		32	
	S	mg/L	39	som SO4	39	som SO4
	DOC	mg/L	9,3	90% av TOC	8,5	Mättad
Norra	Temp	C	10		10	
	pH		7,4		7,67	
	Redox	pe	4		4	
	Alkalinity	meq/L	2,73		2,75	
	Ca	mg/L	58		54	
	Cl	mg/L	52,5		45,5	
	Mg	mg/L	9,1		7,3	
	Na	mg/L	35,7		29,9	
	S	mg/L	54	som SO4	32,3	som SO4
DOC	mg/L	15,7	90% av TOC	12,6	90% av TOC	



Havs
och Vatten
myndigheten

SOLLENTUNA
KOMMUN



Upplands Väsby
kommun



Länstyrelsen
Stockholm

Bilaga 5

till slutredovisning av delprojekt C13, bottenbehandling av sjön Norrviken
för att minska internbelastningen av fosfor.

Kontrollprogram för LIFE IP Rich Waters action C13 – Bottenbehandling av Norrviken



Kontrollprogram för LIFE IP Rich Waters action C13 – Bottenbehandling av Norrviken.

2017-03-16

(reviderat 2017-04-05 map LOQ för vissa parametrar, 2017-06-22 map en felskrivning, samt 2021-03-18 map tidplan och fortsatt övervakning)

Bakgrund och syfte

Kontrollprogrammet i detta dokument har tagits fram av Sollentuna kommun, Upplands Väsby kommun och Länsstyrelsen i Stockholm som alla tre är partners i delprojekt C13 i EU-projektet LIFE IP Rich Waters. Kontrollprogrammet utgör en viktig del i uppföljningen och utvärderingen av delprojektet som syftar till att utföra och följa upp effekterna av en aluminiumbehandling av botten i sjön Norrviken för att minska internbelastningen av fosfor. Kontrollprogrammet ska utvärdera om behandlingen är framgångsrik med avseende på minskade halter fosfor och övergödningssymptom i Norrviken samt utvärdera om behandlingen förändrar upptaget av miljögifter i fisk.

Tidplan

Tidplanen projektet arbetar efter framgår av tabellen på nästa sida. Behandlingen beräknas ske under sommaren 2018. Eftersom behandlingen kräver tillstånd är det ovisst om tidplanen kommer att hålla. Med anledning av osäkerheter kring om och när behandling kommer att utföras skall tidplanen ses som preliminär. Om behandlingen utförs senare än planerat blir tidpunkterna för provtagning efter behandling förskjutna motsvarande tid.

Ingående undersökningar

Provtagnings- och analysmetodik ska, om inte annat anges nedan, följa tillämpliga delar av miljöövervakningshandledningens metodbeskrivning av respektive undersökningstyp som finns att ladda ner på www.havochvatten.se.

Fys-kem A

Provtagning:

Sjö: Provtagning sker på tre djup vid en station i sjön Norrviken (se tidsschema ovan). Vattendjupet vid denna lokal är drygt 11 meter. De tre provtagningsdjupen är vid ytan (0,5 meters djup), samt 0,5-1m över botten och 2 meter över botten. All provtagning ska ske med ackrediterade metoder av behöriga provtagare. Provtagning under vintern ska ske angiven månad oavsett isförhållanden.

Vattendrag: Norrvikens inlopp (Hagbyån) och Norrvikens utlopp (Edsån) provtas i ytvattnet månatligen vid angivna lokaler (se tidsschema ovan). Under 2017 och 2018 utförs provtagning (och analys) av Länsstyrelsen i Stockholm så dessa delar ingår inte i upphandlingen. Under 2019 och 2020 kommer provtagning (och analys) eventuellt utföras av upphandlad konsult.

Analys:

Samtliga analyser utförs på ofiltrerade prover. I tabellen nedan anges parametrar som ska analyseras samt de krav som ställs på respektive analys. Samtliga analyser ska utföras med ackrediterade metoder av behörigt laboratorium.

Parameter	Enhet	LOQ
Fosfatfosfor (PO ₄)	µg/l	5
Totalfosfor (Tot P)	µg/l	3
Nitratkväve+Nitritkväve (NO ₂ +NO ₃)	µg/l	10
Ammoniumkväve (NH ₄)	µg/l	10
Totalkväve (Tot N)	µg/l	100
Alkalinitet	mekv/l	0,03
pH	-	3
Turbiditet	FNU	0,5

Fys-kem B

Provtagning:

Provtagning sker vid station "Norrviken 3" (se tidsschema ovan) och samkörs med fys-kem A, ovan. All provtagning ska ske med ackrediterade metoder av behöriga provtagare. Provtagning under vintern ska ske oavsett isförhållanden.

Analys:

I tabellen nedan anges de parametrar som ska analyseras samt de krav som ställs på respektive analys. Samtliga analyser ska utföras med ackrediterade metoder av behörigt laboratorium.

Parameter	Enhet	LOQ
Siktdjup (med vattenkikare)	m	-
Syreprofil (varje meter avläses i fält)	mg/l	0,2
Temperaturprofil (varje meter avläses)	C	-
Klorofyll a (0,5m djup)	µg/l	1

Al

Provtagning:

Provtagning sker vid station "Norrviden 3", men endast i provet från 2 meter över botten (tidsschema ovan) och samkörs med fys-kem A på detta djup. All provtagning ska ske med ackrediterade metoder av behöriga provtagare.

Analys:

Aluminiumfraktionering av aluminium i vatten. Analysen ska utföras med ackrediterad metod av behörigt laboratorium.

Växtplankton

Provtagning:

Provtagning ska ske med rambergör i djupskiktet 0-4m och i enlighet med undersökningstypen. Om epilimnion är mindre än 4 meter i djuputbredning vid provtagningstillfället, tas istället prov i djupintervallet 0-2 meter. Kvalitativt håvprov tas även vid provtillfället. Provtagning av växtplankton ska ske samtidigt som vattenkemisk provtagning genomförs så att klorofyllanalyser från den vattenkemiska provtagningen blir jämförbara med motsvarande växtplanktonanalyser.

Analys:

I det kvantitativa provet ska alla arter räknas och i det kvalitativa provet ska alla arter noteras. Analys utförs i enlighet med krav för utvärdering med gällande bedömningsgrunder. Provtagning och analys ska ske med ackrediterade metoder av behöriga utförare. Resultaten ska minst redovisas med avseende på:

- Antal per liter för ingående taxa.
- Biovolym per liter för ingående taxa
- Fullständig artlista baserad på det kvalitativa provet.

Djurplankton

Denna parameter ingår inte i upphandlingen.

Data från länsstyrelsens provtagningar i augusti kommer att användas. Provtagning sker med limnoshämtare i epilimnion enligt undersökningstypen. Kvantitativt prov bestående av fem delprover analyseras.

Bottenfauna, profundal

Undersökning ska utföras på samma sätt som undersökningen utfördes av Länsstyrelsen (2014) i Norrviken, även mundelsanalys skall utföras på motsvarande sätt. 5+1 Ekmanhugg tas i enlighet med undersökningstypen kring den punkt som är koordinatsatt i kontrollprogrammet. Den centrala punkten har ett djup om ca 10m. Analys utförs i enlighet med krav för utvärdering med gällande bedömningsgrunder. Provtagning och analys ska ske med ackrediterade metoder av behöriga utförare.

Makrofyter

Undersökningen utförs i enlighet med krav för utvärdering med gällande bedömningsgrunder. Undersökning ska ske med ackrediterad metod av behörig utförare. Metoden ska i stort följa gällande undersökningstyp. Följande kompletteringar till metodbeskrivningen gäller:

- Norrviken ska inventeras med minst tolv transekter med samma startpunkter som vid 2010 års inventering (Naturvatten 2010). Samma transekter ska användas båda gångerna. Har man ännu inte efter att dessa transekter inventerats fått en utplanande kumulativ artkurva enligt metodbeskrivningen ska fler transekter inventeras tills detta uppnåtts.
- Alla påträffade submersa växter ska noteras. Helofyter ingår inte i inventeringen men en kort allmän beskrivning av förekommande helofyter ska ingå i rapporten.
- Siktdjup ska tas i sjön med standardiserad siktdjupsskiva och vattenkikare i samband med undersökningarna.
- Vid sjöar där vegetationen är utbredd över hela ytan, avslutas transekten då det bedöms att maximalt djup i sjön nåtts.

Fisk (standardiserat provfiske)

Standardiserat provfiske med 32 nät (med samma position som i undersökningen utförd av Naturvatten 2016) genomförs i enlighet med undersökningstypen. Undersökningen utförs i enlighet med krav för utvärdering med gällande bedömningsgrunder. Undersökning ska ske med dokumenterat erfaren personal.

Miljögifter i abborre

Provtagning:

Provtagning sker i Norrvikens södra bassäng (söder om utloppet, Edsån). Prover som representerar denna del av sjön insamlas. Samma lokaler, och fördelning av antal fiskar från de olika lokalerna ska användas vid undersökningarna före och efter behandling.

Analys:

Analys utförs på samlingsprov av muskelhomogenat (från 15 fiskar eller fler beroende på hur mycket material som behövs för analyserna). I tabellen nedan anges parametrar som ska analyseras

samt de krav som ställs på respektive analys. Parametrarna analyseras på blandprov undantaget de parametrar som efterföljs av ”*”. Dessa parametrar analyseras individuellt på ingående fiskar i respektive blandprov. Samtliga analyser ska utföras med ackrediterade metoder av behörigt laboratorium.

Parameter	LOQ (µg/kg vv)	LOQ (mg/kg TS)
Metaller		
Kvicksilver (Hg)		0,02
Bly (Pb)		0,04
Koppar (Cu)		0,1
Zink (Zn)		1,5
Kadmium (Cd)		0,01
Nickel (Ni)		0,05
Arsenik (As)		0,08
PBDE		
BDE 28	0,05	
tetraBDE	0,5	
BDE 47	0,05	
pentaBDE	0,5	
BDE 99	0,05	
BDE 100	0,05	
hexaBDE	0,5	
heptaBDE	1	
oktaBDE	1	
nonaBDE	5	
dekaBDE	5	
DeBB	5	
HBCD	5	
PFAS (11 st)	-	
PFBA (Perfluorbutansyra)	0,05	
PFPeA (Perfluorpentansyra)	0,05	
PFHxA (Perfluorhexansyra)	0,05	
PFHpA (Perfluorheptansyra)	0,05	
PFNA (Perfluorononansyra)	0,05	
PFDA (Perfluordekansyra)	0,05	
PFBS (Perfluorbutansulfonat)	0,08	
PFHxS (Perfluorhexansulfonat)	0,08	
6:2FTS (6:2 Fluortelomer sulfonat)	0,08	
PFOS (Perfluoroktansulfonat)	0,05	
PFOA (Perfluoroktansyra)	0,05	
Summa PCB (7 st)	0,7	
PCB 28	0,2	
PCB 52	0,2	
PCB 101	0,2	
PCB 118	0,2	
PCB 138	0,2	
PCB 153	0,2	
PCB 180	0,2	
Lipidinhåll	-	
Kväveisotopanalyser (15N/14N)*	-	

Åldersanalys*	-	
Fisklängd*	-	
Våtvikt*	-	
Konditionsfaktor*	-	

Rapportering/redovisning

Enklare rapportering skall ingå för de delar av kontrollprogrammet som konsulten ansvarar för. I rapporteringen ska ingå:

- Rådata med metadata i excelformat. Om fler parametrar än de efterfrågade analyseras i beställda analyspaket ska även dessa data redovisas i excelformatet, dock ej i rapporten nedan.
- Leverans av rådata till respektive nationell datavärd.
- Kort analysrapport (i word och pdf) med tydlig beskrivning över använda metoder (i fält och vid analys), redovisning av resultat och korta sammanfattande kommentarer av resultaten. Bedömningar ska göras utifrån gällande bedömningsgrunder och jämförelse av resultat före och efter behandling ska utföras. I de fall parameter endast undersöks av konsult efter behandling ska jämförelse med tidigare undersökning (enligt hänvisning) göras.

Utöver den obligatoriska rapporteringen ovan för respektive undersökningstyp kommer projektet vara i behov av ytterligare rapportering. Speciellt avser detta utredningsarbete och rapportering i form av en vetenskaplig rapport gällande samtliga undersökningar enligt kontrollprogrammet. Rapporten skall även beskriva bottenbehandlingen och ska kunna användas som en slutrapport för delprojektet. Detta arbete upphandlas.

Genomförande

Genomförande av kontrollprogrammet upphandlas. För att möjliggöra att mindre aktörer/specialister ska kunna lämna anbud kommer olika delar inom upphandlingen utvärderas separat. Konsulten kan lämna pris på en eller flera delar av upphandlingen. Upphandlande enhet förbehåller sig rätten att inte välja något anbud inom respektive anbudsdel om den totala anbudssumman inte ryms inom fastslagen budget.

Referenser (samtliga referenser bifogas anbudsunderlaget)

Länsstyrelsen (2014) Bottenfauna i Stockholms län 2014. En undersökning av profundal- och sublitoralfauna i Garnsviken, Norrviken och Ormlången. Rapport skriven av Medins biologi på uppdrag av Länsstyrelsen. Fakta 2015:9.

Naturvatten (2010) Inventering av makrofyter 2010; Edssjön, Fjäturen, Gullsjön, Mörtsjön, Norrviken, Oxundasjön, Ravalen, Rösjön, Snuggan, Väsjön och Översjön. Rapport från Naturvatten på beställning av Oxunda vattensamverkan.

Naturvatten (2016) Standardiserat provfiske i Norrviken, Edssjön och Oxundasjön 2016. Rapport från Naturvatten på uppdrag av Upplands Väsby kommun.



Havs
och Vatten
myndigheten

SOLLENTUNA
KOMMUN



Upplands Väsby
kommun



Länstyrelsen
Stockholm

Bilaga 6 a och 6b

till slutredovisning av delprojekt C13, bottenbehandling av sjön Norrviken
för att minska internbelastningen av fosfor.

Upphandlingsdokument behandlingen: Inkomett anbud och signerat avtal

Anbud på upphandling KS/2019:244 Upphandling av Fosforbehandling i Norrvikensjön , Sollentuna

Anbudet lämnades in
2019-05-18

Anbud giltigt t.o.m.
2019-08-31

Anbudsgivare
Vattenresurs-Sverige AB
556425-1345
Ringuddsslingan 23
19791 Bro
SWEDEN

Kontaktperson
Sten-Åke Carlsson
sac@vrab.se
0858480770

Bilagor

Vattenresurs_-_Sverige_Ak.PDF
Försäkringsbrev.pdf
Teknisk förfrågan.pdf
Referenser.pdf
Miljöledning.pdf
Tekniskt utförande.pdf
SDS - Ekoflock 50-100 Version 6, Rev. dat. 2015-06-01.pdf
LOU 13.pdf

Totalt antal bilagor: 8

Svar på Anbudsformulär

3. KRAV PÅ OCH KONTROLL AV ANBUDSGIVARE

3.1 Obligatoriska krav

Följande krav är obligatoriska för genomförandet av entreprenaden

- Ansvariga personer ska ha förmåga att kommunicera relevanta delar av arbetenas utförande med tillsynsmyndigheten
- Anbudssökande ska kunna leverera loggar med avseende på behandlade områden med mycket god noggrannhet i GIS-format.
- Anbudssökande företag ska kunna utföra arbete enligt AB04 ,Utförandeentreprenad
- Bankgarantier ska kunna tecknas av anbudssökande företaget i de fall stora förskott ska utbetalas

Kravet uppfylls:

3.2 Uteslutningsgrunder

En Anbudsgivare ska uteslutas om uteslutningsgrund enligt 13 kap. 1 § LOU föreligger.

En Anbudsgivare ska uteslutas om uteslutningsgrund enligt 13 kap. 2 § LOU första stycket föreligger.

En Anbudsgivare får uteslutas om uteslutningsgrund enligt 13 kap. 2 § andra stycket eller 3 § LOU föreligger.

Om inte tvingande hänsyn till allmänintresset motiverar annat eller Anbudsgivaren visar att hen ändå är tillförlitlig, enligt 13 kap. 5 § 1-2 stycket LOU, kommer Anbudsgivaren inte att uteslutas, om en företrädare för Anbudsgivaren är dömd för brott enligt 13 kap. 1 § eller 3 § LOU.

Upplands Väsby kommun accepterar att Anbudsgivaren inkommer med en egen försäkran om att ovanstående omständigheter inte föreligger, men Upplands Väsby kommun kan komma begära in ytterligare dokumentation eller skriftliga bevis för att säkerställa Anbudsgivarens tillförlitlighet.

Anbudsgivaren ska intyga att ingen av de omständigheter som framgår av 13 kap. 1-3 §§ LOU föreligger.

Kravet uppfylls:

Kommentar

Vattenresurs intygar att inga sådana omständigheter som anges i LOU 13 kap §§ 1-3 föreligger

Refererade bilagor: LOU 13.pdf

Anbudsgivare ska

- vara registrerade i nationellt handels- eller bolagsregister eller motsvarande
- betala nödvändiga skatter och sociala avgifter
- vara skuldfria från skatteskulder och sociala avgifter
- inneha F-skatt

Beställaren kontrollerar dessa uppgifter. För anbud som lämnas av en grupp av Anbudsgivare kommer var och en av de Anbudsgivare som ingår i gruppen som lämnar anbud att kontrolleras.

Kravet uppfylls:

3.4 Ekonomisk ställning

Anbudsgivaren ska uppfylla minst betyget 40 hos kreditvärderingsinstitutet Creditsafe eller motsvarande hos annat kreditupplysningsföretag eller

För det fall anbudsgivaren inte når upp till angivet ratingbetyg hos Creditsafe kan anbudsgivaren också på annat sätt visa att denne når upp till kravet på god och stabil ekonomisk ställning för att uppdraget, med en rimlig sannolikhet, kan genomföras utan risk för störningar på grund av ekonomiska problem, (Se nedan) genom att lämna in följande handlingar:

- en koncerngaranti eller annat ändamålsenligt intyg från bank eller annat likvärdigt bevis som inte är äldre än tre (3) månader räknat från sista anbudsdagen, eller
- tillhandahålla en finansiell säkerhet (t.ex. lämna först och främst en fullgörandegaranti alternativt koncerngaranti eller bankgaranti, eller
- årsbokslut av vilken framgår att anbudsgivaren har en stabil ekonomi. Beställaren avser att granska bl a. soliditeten och kassalikviditeten.

Soliditeten beräknas enligt följande formel :
$$\text{Justerat eget kapital} / \text{Totala tillgångar} = \text{Soliditeten bör vara (20)}$$

Kassalikviditet beräknas enligt följande formel:
$$\text{Omsättningstillgångar} - \text{varulager} / \text{Kortfristiga skulder} = \text{kassalikviditet}$$

bör vara (80)

Beställaren förbehåller sig rätten att själva göra en egen bedömning om Anbudsgivare riskerar att hamna på obestånd eller saknar ekonomisk bas för att garantera de åtaganden som ett avtal skulle innebära. Anbud från anbudsgivare som inte bedöms ha en stabil ekonomisk bas kommer inte att utvärderas.

UTLÄNDSKA ANBUDSGIVARE ska bifoga intyg från Creditsafe eller motsvarande hos annat kreditupplysningsföretag.

Kravet uppfylls:

Kommentar

Vattenresurs ratingbetyg hos Creditsafe är 91

Refererade bilagor: Vattenresurs_-_Sverige_Ak.PDF

3.5 Försäkringar

Entreprenören ska inneha för branschen sedvanlig ansvars- och egendomsförsäkring till betryggande belopp för sin verksamhet för den enligt detta avtal, gällande lagstiftning och i övrigt enligt detta avtal.

Försäkringarna ska gälla under avtalstiden och ansvarsförsäkringen ska dessutom gälla i minst ett år efter avtalstidens utgång.

Entreprenören förbinder sig även att upprätta betryggande försäkringsbelopp under tiden detta avtal är i kraft.

Entreprenören ska kunna uppvisa sådan försäkring vid avtalsstart och på anmodan. Giltiga bevis om försäkring ska därefter uppvisas i samband med att de förnyas. Vid skada åligger det Entreprenören att använda avtalade försäkringar.

Anbudsgivaren ska bifoga en kopia på försäkringsbrevet.

Kravet uppfylls:

Kommentar

(Ingen kommentar lämnad)

Refererade bilagor: Försäkringsbrev.pdf

3.6 Teknisk förmåga och kapacitet

Anbudssökande ska visa att den förfogar över dokumenterade resurser/kapacitet och kompetens för att utföra entreprenaden och arbetet som följer av denna.

Beskrivning av organisation utifrån nedan punkter ska bifogas anbudet (Max 2 A4 sidor) :

- Organisation för utförandet och dess erfarenhet och utbildningsnivå
- Befintlig maskinpark och utrustning ämnat för utförandet.

Kravet uppfylls:

Refererade bilagor: Teknisk förmåga.pdf

3.6.1 Referenser

Minst en (1) ansvarig person/arbetsledare hos anbudsgivaren ska ha dokumenterad erfarenhet av liknande arbeten (fosforfastläggning genom aluminiumbehandling av sediment). Denna person/personer ska även leda arbetet och vara på plats vid behandlingen av detta uppdrag.

Detta ska styrkas genom att anbudssökande redovisar ett (1) uppdrag som genomförts av avsedd ansvarig person/arbetsledare för detta uppdrag, **där fällning skett i syfte att binda fosfor i övergödda sjöar.**

Referensuppdraget ska vara genomfört under de senaste 5 åren. Uppdraget ska ha utförts med godkänt resultat enligt beställarens (referentens) bedömning, vilket anbudsgivaren ska intyga i anbud. Dessa uppgifter kommer att verifieras av Beställaren.

Referenten kommer att kontaktas via e-post eller telefon. Från den dag referenten kontaktas kommer denna få 10 arbetsdagar att besvara Beställarens verifieringsfrågor via e-post eller telefon.

I beskrivningen av referensuppdrag ska nedan punkter bifogas anbudet:

- Ange namn på ansvarig person/arbetsledare för uppdraget
- Ett(1) referensuppdrag där man med data från undersökningar före och efter uppdrag kan styrka uppdragets framgång (utförligt beskrivning av uppdrag (Max 2 A4 sidor)
- Beställarens adress och kontaktuppgifter (e-post, telefonnummer m.m.)

OBS. Går referenten ej att komma i kontakt med inom angiven tid kommer referensen ej att kunna godkännas.

Kravet uppfylls:

Kommentar

(Ingen kommentar lämnad)

Refererade bilagor: Referenser.pdf

3.7 Kvalitet - och Miljöledningssystem

Anbudsgivaren ska arbeta efter ett kvalitetsledningssystem som motsvarar kraven i SS-EN ISO 9001 eller likvärdigt. En redovisning av kvalitetsledningssystemet eller eventuellt certifikat ska bifogas anbudet.

Anbudsgivaren ska arbeta efter ett miljöledningssystem som motsvarar kraven i SS-EN ISO 14001 eller likvärdigt. En redovisning av miljöledningssystemet eller eventuellt certifikat ska bifogas anbudet.

Kravet uppfylls:

Kommentar

(Ingen kommentar lämnad)

Refererade bilagor: Miljöledning.pdf

3.8 Arbetsmiljö

Med stöd av 3 kap. 7 c §, st. 1, arbetsmiljölagen överlåter Beställaren till Entreprenören de uppgifter hänförliga till utförandefasen som avses i 3 kap. 6 § samma lag och i de anslutande föreskrifterna.

Kravet uppfylls:

4. UPPDRAGSFÖRESKRIFTER

4.1 Tekniskt utförande

Behandling av sjön Norrviken för att minska övergödningssymptomen ska genomföras genom fastläggning av fosfor med hjälp av aluminium. Som fällningskemikalie ska polyaluminiumklorid, PAX-15 eller motsvarande, användas.

I det fall annan fällningskemikalie än PAX-15 föreslås ska denna godkännas av Beställaren innan anbudstidens frågetid avslutats.

Fällningskemikalien ska spridas till sedimenten antingen genom fällning i vattenfasen eller i sedimenten genom en så kallad harvningsmetod. Behandlingen ska utföras i eller över ackumulationsbottnar i huvudbassängen som är djupare än 4 m och ligger inom Sollentuna kommun. Total area beräknas till knappt 140 ha.

Ingen behandling utförs i Upplands Väsby kommun. Anbudet ska beräknas utifrån den aluminiumdoseringskarta som bifogas anbudet. GPS ska användas för att följa doseringskartan.

Utförs fällning i vattenfasen ska denna fällning utföras efter höstomblandningen vid två olika tillfällen med 1 års mellanrum där 50 % av aluminiumdosen används vid varje tillfälle.

Utförs harvning i sedimenten ska denna fällning utföras vid endast ett tillfälle med full dos. Behandlingen får inte göras djupare än 20 cm ner i sedimenten.

Behandlingen ska genomföras under år 2019 och/eller 2020 beroende på vilken metod som används.

Bifogad rapport och karta från utförd bottenkartering (Kartering och verifierande sedimentprovtagning i Norrviken, JP Sedimentkonsult, 2017), visar på eventuella hinder som finns på botten. Materialet kommer även att finnas tillgängligt i digitalt format under genomförandet.

Entreprenören ska ta fram ett kontrollprogram för övervakning av vattnets pH-värde och väderförhållanden samt i vilken mängd och var fällningskemikalien ska användas. Kontrollprogrammet ska redovisas och godkännas av Beställaren före entreprenadens igångsättande.

Kontroller ska utföras löpande genom att tex ha en multimeter från fartyget och kontinuerligt läsa av. Vid oväder/höga vindhastigheter (> 10 m/s) eller om pH överstiger 9 eller underskrider 6,5 ska behandlingen stoppas till dess att sjövattnet har återhämtat sig och en effektiv behandling i enlighet med planerad dosering kan garanteras.

Entreprenören ska, till anbudet, **bifoga** en teknisk beskrivning för utförande som redogör för;

- metod, tillvägagångssätt, tidpunkt för behandling och kemikaliehantering.

Beskrivningen behöver inte upprepa ska-kraven som beskrivs i anbudets tekniska beskrivning.

Kravet uppfylls:

Kommentar

(Ingen kommentar lämnad)

Refererade bilagor: Tekniskt utförande.pdf

4.2 Färdigställandetid

Behandlingen ska genomföras under år 2019 och/eller 2020 beroende på vilken metod som används.

Projektet ska dock vara klart senast 2020-12-31 oberoende av metod .

Uppdraget är slutfört när Beställaren skriftligen har godkänt uppdraget.

Kravet uppfylls:

4.3 Avgränsning och anslutningar

Entreprenören ska ansvara för att upplagsplatsen avspärras och att erforderliga varningsskyltar sätts upp. Arbeten ska bedrivas så att störning av verksamheter i angränsande område minimeras.

Väg får ej blockeras, stängas av, eller annars göras oframkomlig för trafik.

Anbudsgivaren skall förvissa sig om att alla förutsättningar finns för att kunna genomföra entreprenaden – transportvägar, sjösättningsplats, m.m.

I den mån byggel behövs ska Entreprenören ansöka om detta hos Sollentuna kommuns leverantör;

Sollentuna Energi och Miljö AB. Kontaktuppgifter: info@seom.se, 08-623 88 00.

Efter avslutat arbete skall entreprenören återställa etableringsyta samt övriga ytor som kan komma att påverkas till ursprungligt skick.

Kravet uppfylls:

Kommentar

(Ingen kommentar lämnad)

4.4 Etablering av arbetsplats

Etablering av arbetsplats

Etablering av bodar ska ske enligt Sollentuna kommuns riktlinjer "Riktlinjer för etablering m.m. på byggarbetsplatser". (Se bifogad)

Anbudsgivaren är skyldigt att förvissa sig om att alla förutsättningar finns för att kunna genomföra entreprenaden, transportvägar, sjösättningsplats m.m.

Etablering av kontor, personalutrymmen, upplag och förråd får ske endast på av Beställaren godkänd plats. Anordningar ska vara av sådan beskaffenhet att de ur estetisk och sanitär synpunkt ej verkar störande på omgivningen.

Ordinarie parkeringsregler gäller för Entreprenören och hos denne anställd personal, samt för övriga som direkt eller indirekt har koppling till entreprenaden.

Entreprenören håller bod för eget arbete.

Entreprenören söker och bekostar bygglov för etableringen.

Entreprenören är skyldig att omedelbart efterkomma Beställaren direktiv angående ordning och säkerhet på samtliga upplags- och förrådsplatser.

Kravet uppfylls:

4.5 Tillfällig el- och va-försörjning

Entreprenören har själv att begära och bekosta anslutning av el och va hos respektive ledningsägare.

Kravet uppfylls:

4.6 Inmätning och utsättning

Inmätning och utsättning ska utföras i koordinatsystem SWEREF 99 18 00 RH2000.

Kravet uppfylls:

4.7 Tillstånd

Tekniska utförandet i sjön är inte tillståndspliktigt. Länsstyrelsen har godkänt ansökan om aluminiumbehandling av Norrviken. Sollentuna kommun anser att det inte behövs någon strandskyddsdispens för behandlingen.

Erforderliga tillstånd ska utverkas och bekostas av Entreprenören. I den mån tillstånd erfordras för uppställningar, avstängningar, provisoriska anordningar och dylikt under entreprenadtiden ska Entreprenören även ombesörja och bekosta dessa. Tillstånd kan sökas på www.sollentuna.se/tillstandsguiden

Kravet uppfylls:

Kommentar

(Ingen kommentar lämnad)

4.8 Varor

Säkerhetsdatablad bifogas anbudet.

Säkerhetsdatablad eller liknande ska vara på svenska eller engelska och finnas för kemikalier som används i entreprenaden. Kemikaliehantering ska ske i enlighet med gällande skyddsföreskrifter för vattenskyddsområde.

Kravet uppfylls:

Kommentar

(Ingen kommentar lämnad)

Refererade bilagor: SDS - Ekoflock 50-100 Version 6, Rev. dat. 2015-06-01.pdf

4.9 Anmälningar till beställaren

Skriftlig underrättelse

Underrättelse ska utan dröjsmål, skriftligen lämnas till Beställaren. Dessutom ska, innan åtgärder vidtas, eventuella ändringsförslag vara godkända av Beställaren. All korrespondens som avser kontraktsförändringar/beställningar ska utformas som en skriftlig underrättelse på Beställarens underrättelseblankett.

Underrättelser som innebär överenskommelser om kontraktsförändringar/beställningar ska undertecknas av behörig person, hos Beställaren respektive Entreprenören. Det räcker att beslutet är undertecknat, inscannat och skickat digitalt. Svarstid för underrättelser ska förutsättas vara högst 5 arbetsdagar.

Underentreprenörer och leverantörer

Entreprenören ska till Beställaren fortlöpande uppge namn och organisationsnummer för företag som avses anlitas som underentreprenörer eller leverantörer.

Kravet uppfylls:

Kommentar

(Ingen kommentar lämnad)

Tillhandahållande av handlingar och uppgifter från entreprenören under entreprenadtiden

Entreprenören ska tillhandahålla följande handlingar vid startmötet:

- Organisationsplan över projektorganisationen
- Prestationsbunden betalningsplan

Entreprenören ska tillhandahålla följande handlingar före entreprenadens igångsättande:

- Kvalitetsplan
- Miljöplan
- Arbetsmiljöplan enligt AFS 1999:3
- Detaljerad tidplan
- Kontrollprogram för entreprenaden

Nedan presenteras en detaljerad beskrivning av vad som förväntas av entreprenörens kvalitets- och miljöplan

Kvalitetsplan för entreprenaden ska minst redovisa:

- Organisationsplan inklusive namngiven kvalitetsansvarig för detta uppdrag
- Ansvar, befogenheter och referenser för nyckelpersoner för detta uppdrag
- Kvalitetskritiska arbetsmoment och hur dessa avses hanteras för detta uppdrag
- Kontrollprogram för egenkontroll
- Säkerställande av eventuella underentreprenörer

Miljöplan för entreprenaden ska minst redovisa:

- Namngiven miljöansvarig person för entreprenaden för detta uppdrag
- Rutiner och beredskap vid nödlägen, olyckor eller andra händelser med påföljande miljöskada. Även beredskap för mindre händelser är viktiga t.ex. ska absol eller liknande för hantering av mindre oljespill finnas på arbetsplatsen.
- Avfallsplan som beskriver uppkommet avfall inom entreprenaden och hur det ska omhändertas enligt avfallsförordningen.
- Beskrivning av hur objektsspecifika miljökrav kommer att uppnås inom entreprenaden inklusive tillämpliga krav i miljölagstiftningen hanteras.
- Märkningspliktiga kemiska produkter som avses användas i entreprenaden ska granskas av Beställaren innan användning. Ansökan om detta ska göras till Beställaren.
- Alla kemiska produkter ska väljas utifrån att hänsyn tas till människors hälsa och miljö och produktvalsprincipen ska användas.

Kravet uppfylls:

Kommentar

(Ingen kommentar lämnad)

4.10.1 Fakturering

Fakturering ska ske med separat fakturering till Upplands Väsby kommun och Sollentuna kommun, med total kostnad uppdelat på 50 % på respektive kommun vid varje fakturering.

Samtliga fakturor skall märkas med: **LIFE15 IPE SE 015 Rich Waters.**

Fakturering till Upplands Väsby:

Upplands Väsby kommun
Box 86
194 22 Upplands Väsby

Fakturering till Sollentuna kommun:

Sollentuna Kommun
Skanning KLK5310-23
191 86 Sollentuna

Referens och kontrosträng meddelas vid startmöte.

Kravet uppfylls:

4.11 Möten

Startmöte kommer att hållas i Beställarens lokaler. Överlämningar av handlingar ska ske under startmötet.

Produktionsmöte ska hållas på plats på begäran av Entreprenören eller Beställaren och max 1 gång/vecka.

Ytterligare avstämningar kan vid behov ske över telefon.

Kravet uppfylls:

4.12 Prissättning

Ett totalpris på sedimentbehandlingen, inklusive etablering, avetablering och återställning ska anges i anbudsprisformuläret.

Kravet uppfylls:

5. KOMMERSIELLA VILLKOR

5.6 Hävning

Part äger rätt att med omedelbar verkan häva hela eller delar av avtalet, om den andra Parten i väsentligt hänseende har brutit mot avtalet. Därutöver äger Beställaren rätt att säga upp avtalet till omedelbart upphörande om Leverantören har brutit mot avtalsvillkor som är av väsentlig betydelse för Beställaren.

Vidare äger Beställaren rätt att häva delar eller hela avtalet med omedelbar verkan, om

- a) Leverans inte fullgörs eller fullgörs för sent och detta inte beror på något som Beställaren ansvarar för.
- b) Tjänsten är felaktig och detta inte beror på Beställaren eller på något förhållande på Beställarens sida och felet är ett väsentligt avtals -eller kontraktsbrott, samt Leverantören inte avhjälpt felet inom 30 dagar från det att Beställaren underrättade Leverantören om felet.
- c) Beställaren har skäligen anledning att anta att kontraktsbrott, enligt punkt a) eller b) ovan kommer att inträffa beträffande framtida leverans och ger rätt till hävning.
- d) Leverantören försätts i konkurs, upptar ackordsförhandling eller försätts i likvidation eller annars kan antas ha kommit på obestånd.
- e) Leverantören har lämnat oriktiga uppgifter, i anbudet eller på annat sätt och dessa uppgifter inte varit av oväsentlig betydelse för Beställaren vid tecknande av Avtalet eller Kontraktet.
- f) Leverantören, eller av denne anlita underleverantör inte fullgör sina åtaganden avseende skatter och sociala avgifter och rättelse inte sker inom 30 dagar.
- g) Leverantören eller av denne anlita underleverantör eller deras företrädare är föremål för åtgärder eller omfattas av förhållanden som anges i 13 kap. 1-3 §§ i lag (2016:1145) om offentlig upphandling.
- h) Leverantören eller av denne anlita underleverantör eller deras företrädare under avtals- eller kontraktstiden blir dömd för olaga diskriminering, eller om konsulten åläggs att betala vite eller diskrimineringsersättning enligt diskrimineringslag (2008:567).
- i) Det framkommer att Leverantören fakturerar för fler timmar eller högre belopp än offererad enligt anbud.

Hävning ska för att vara giltigt alltid meddelas skriftligt till den andra Parten.

Om Beställaren häver avtalet / kontraktet är Leverantören skyldig att ersätta de skador som Beställaren lider till följd av hävningen, med de begränsningar som följer av avtalet.

Kravet uppfylls:

Svar på Anbudsprisformulär

Artikel/tjänst	Antal	Enhet	Ert artikel-ID	Ert artikelnamn (+ Kommentar)	Ert pris per enhet
Fosforbehandling i Norrvikensjön <i>Ett fastpris på sedimentbehandlingen, inklusive etablering, avetablering och återställning</i>	1,00	Totalpris			5 870 000,00
					Summa: 5 870 000,00

Ditt anbudspris: 5 870 000,00

FOSFORBEHANDLING I NORRVIKENSJÖN, SOLLENTUNA

Diarienummer	KS/2019:244
Startdatum	2019-06-01
Slutdatum	2020-12-31
Avtalstyp	Avtal

1 Avtalsvillkor

LIFE15 IPE SE 015 Rich Waters.

1.1 Beställare

Upplands Väsby Kommun , Organisationsnummer 2120 00-0019
Sollentuna Kommun , Organisationsnummer 212000-0134

1.2 Entreprenör

Vattenresurs - Sverige Aktiebolag
Org. Nr 556425-1345
Ringuddsslingan 23
19791 Bro

1.3 Kontaktuppgifter

Anbudshandläggare

Louise Andersson
Enheten för samhällsplanering och exploatering
Telefon: 08-590 97 000
Email: louise.andersson@upplandsvasby.se

Kontaktperson för visning av arbetsområdet

Anbudshandläggaren, eller
Ida Nordin
Exploateringsenheten
Telefon: 08-579 21 000
E-post: ida.nordin@sollentuna.se

Beställarens ombud

Mikael Rångeby
Chef för Kontoret för Samhällsbyggnad
Upplands Väsby kommun

1.4 Avtalstid

Fr o m den tidpunkt avtalet undertecknats av båda Parter och fram t o m 2020-12-31

Beställaren har rätt, men är inte skyldig, att förlänga avtalet på oförändrade villkor. Sådan förlängning får ske vid ett tillfälle enligt följande option:

Option: Fr o m 2021-01-01 t o m 2021-12-31

1.5 Handlingarnas rangordning

Handlingarna gäller i följande rangordning:

1. Skriftliga ändringar och tillägg till avtalet som eventuellt tillkommer under avtalsperioden.
2. Detta avtal inklusive bilagor.
3. Upplands Väsby's förfrågningsunderlag inklusive bilagor
4. Eventuella förtydliganden av och kompletteringar till Leverantörens anbud
5. Leverantörens anbud

1.6 Objektets läge

Objektet är beläget i sjön Norrviken inom Sollentuna kommun.

1.7 Översiktlig information om objektet

I arbetet mot att nå god ekologisk status i Norrviken är behandling av internt fosforläckage ett viktigt steg på vägen. För att minska den interna belastningen i sjön ska en aluminiumbehandling av botten sedimenten utföras. Behandlingen ska vara utförd senast december 2020.

Märkning: LIFE15 IPE SE 015 Rich Waters

1.8 Ekonomi

Kontraksarbetet ersätts enligt angivet anbudspris (Totalpris 5 870 000,00 sek)

1.9 Tekniskt utförande

Behandling av sjön Norrviken för att minska övergödningssymptomen ska genomföras genom fastläggning av fosfor med hjälp av aluminium. Som fällningskemikalie ska polyaluminiumklorid, PAX-15 eller motsvarande, användas.

I det fall annan fällningskemikalie än PAX-15 föreslås ska denna godkännas av Beställaren innan anbudstidens frågetid avslutats.

Fällningskemikalien ska spridas till sedimenten antingen genom fällning i vattenfasen eller i sedimenten genom en så kallad harvningsmetod. Behandlingen ska utföras i eller över ackumulationsbottnar i huvudbassängen som är djupare än 4 m och ligger inom Sollentuna kommun. Total area beräknas till knappt 140 ha.

Ingen behandling utförs i Upplands Väsby kommun. Anbudet ska beräknas utifrån den aluminiumdoseringskarta som bifogas anbudet. GPS ska användas för att följa doseringskartan.

Utförs fällning i vattenfasen ska denna fällning utföras efter höstomblandningen vid två olika tillfällen med 1 års mellanrum där 50 % av aluminiumdosen används vid varje tillfälle.

Utförs harvning i sedimenten ska denna fällning utföras vid endast ett tillfälle med full dos. Behandlingen får inte göras djupare än 20 cm ner i sedimenten.

Behandlingen ska genomföras under år 2019 och/eller 2020 beroende på vilken metod som används.

Bifogad rapport och karta från utförd bottenkartering (Kartering och verifierande sedimentprovtagning i Norrviken, JP Sedimentkonsult, 2017), visar på eventuella hinder som finns på botten. Materialet kommer även att finnas tillgängligt i digitalt format under genomförandet.

Entreprenören ska ta fram ett kontrollprogram för övervakning av vattnets pH-värde och väderförhållanden samt i vilken mängd och var fällningskemikalien ska användas. Kontrollprogrammet ska redovisas och godkännas av Beställaren före entreprenadens igångsättande.

Kontroller ska utföras löpande genom att tex ha en multimeter från fartyget och kontinuerligt läsa av. Vid oväder/höga vindhastigheter (> 10 m/s) eller om pH överstiger 9 eller underskrider 6,5 ska behandlingen stoppas till dess att sjövattnet har återhämtat sig och en effektiv behandling i enlighet med planerad dosering kan garanteras.

Entreprenören ska, till anbudet, **bifoga** en teknisk beskrivning för utförande som redogör för;

- metod, tillvägagångssätt, tidpunkt för behandling och kemikaliehantering.

Beskrivningen behöver inte upprepa ska-kraven som beskrivs i anbudets tekniska beskrivning.

1.10 Färdigställandetid

Behandlingen ska genomföras under år 2019 och/eller 2020 beroende på vilken metod som används.

Projektet ska dock vara klart senast 2020-12-31 oberoende av metod .

Uppdraget är slutfört när Beställaren skriftligen har godkänt uppdraget.

1.11 Underrättelser om avvikelser

Underrättelse om avvikelser ska lämnas skriftligt.

1.12 Avgränsning och anslutningar

Entreprenören ska ansvara för att upplagsplatsen avspärras och att erforderliga varningsskyltar sätts upp. Arbeten ska bedrivas så att störning av verksamheter i angränsande område minimeras.

Väg får ej blockeras, stängas av, eller annars göras oframkomlig för trafik.
Anbudsgivaren skall förvissa sig om att alla förutsättningar finns för att kunna genomföra entreprenaden – transportvägar, sjösättningsplats, m.m.

I den mån byggel behövs ska Entreprenören ansöka om detta hos Sollentuna kommuns leverantör;

Sollentuna Energi och Miljö AB. Kontaktuppgifter: info@seom.se, 08-623 88 00.

Efter avslutat arbete skall entreprenören återställa etableringsyta samt övriga ytor som kan komma att påverkas till ursprungligt skick.

1.13 Etablering av arbetsplats

Etablering av arbetsplats

Etablering av bodar ska ske enligt Sollentuna kommuns riktlinjer "Riktlinjer för etablering m.m. på byggarbetsplatser". (Se bifogad)

Anbudsgivaren är skyldigt att förvissa sig om att alla förutsättningar finns för att kunna genomföra entreprenaden, transportvägar, sjösättningsplats m.m.

Etablering av kontor, personalutrymmen, upplag och förråd får ske endast på av Beställaren godkänd plats. Anordningar ska vara av sådan beskaffenhet att de ur estetisk och sanitär synpunkt ej verkar störande på omgivningen.

Ordinarie parkeringsregler gäller för Entreprenören och hos denne anställd personal, samt för övriga som direkt eller indirekt har koppling till entreprenaden.

Entreprenören håller bod för eget arbete.

Entreprenören söker och bekostar bygglov för etableringen.

Entreprenören är skyldig att omedelbart efterkomma Beställaren direktiv angående ordning och säkerhet på samtliga upplags- och förrådsplatser.

1.14 Tillfällig el- och va-försörjning

Entreprenören har själv att begära och bekosta anslutning av el och va hos respektive ledningsägare.

1.15 Inmätning och utsättning

Inmätning och utsättning ska utföras i koordinatsystem SWEREF 99 18 00 RH2000.

1.16 Anmälningar till beställaren

Skriftlig underrättelse

Underrättelse ska utan dröjsmål, skriftligen lämnas till Beställaren. Dessutom ska, innan åtgärder vidtas, eventuella ändringsförslag vara godkända av Beställaren. All korrespondens som avser kontraktsförändringar/beställningar ska utformas som en skriftlig underrättelse på Beställarens underrättelseblankett.

Underrättelser som innebär överenskommelser om kontraktsförändringar/beställningar ska undertecknas av behörig person, hos Beställaren respektive Entreprenören. Det räcker att beslutet är undertecknat, inscannat och skickat digitalt. Svarstid för underrättelser ska förutsättas vara högst 5 arbetsdagar.

Underentreprenörer och leverantörer

Entreprenören ska till Beställaren fortlöpande uppgive namn och organisationsnummer för företag som avses anlitas som underentreprenörer eller leverantörer.

1.17 Tillhandahållande av handlingar

Tillhandahållande av handlingar och uppgifter från entreprenören under entreprenadtiden

Entreprenören ska tillhandahålla följande handlingar vid startmötet:

- Organisationsplan över projektorganisationen
- Prestationsbunden betalningsplan

Entreprenören ska tillhandahålla följande handlingar före entreprenadens igångsättande:

- Kvalitetsplan
- Miljöplan
- Arbetsmiljöplan enligt AFS 1999:3
- Detaljerad tidplan
- Kontrollprogram för entreprenaden

Nedan presenteras en detaljerad beskrivning av vad som förväntas av entreprenörens kvalitets- och miljöplan

Kvalitetsplan för entreprenaden ska minst redovisa:

- Organisationsplan inklusive namngiven kvalitetsansvarig för detta uppdrag
- Ansvar, befogenheter och referenser för nyckelpersoner för detta uppdrag
- Kvalitetskritiska arbetsmoment och hur dessa avses hanteras för detta uppdrag
- Kontrollprogram för egenkontroll
- Säkerställande av eventuella underentreprenörer

Miljöplan för entreprenaden ska minst redovisa:

- Namngiven miljöansvarig person för entreprenaden för detta uppdrag
- Rutiner och beredskap vid nödlägen, olyckor eller andra händelser med påföljande miljöskada. Även beredskap för mindre händelser är viktiga t.ex. ska absol eller liknande för hantering av mindre oljespill finnas på arbetsplatsen.
- Avfallsplan som beskriver uppkommet avfall inom entreprenaden och hur det ska omhändertas enligt avfallsförordningen.
- Beskrivning av hur objektsspecifika miljökrav kommer att uppnås inom entreprenaden inklusive tillämpliga krav i miljölagstiftningen hanteras.
- Märkningspliktiga kemiska produkter som avses användas i entreprenaden ska granskas av Beställaren innan användning. Ansökan om detta ska göras till Beställaren.
- Alla kemiska produkter ska väljas utifrån att hänsyn tas till människors hälsa och miljö och produktvalsprincipen ska användas.

1.18 Organisationsförändring

Beställaren reserverar sig för organisationsförändringar utanför Beställarens kontroll som kan komma påverka beställningen och avtalstider.

1.19 Ägarskifte

Detta avtal får ej överlätas på annan fysisk eller juridisk person utan avtalsparternas skriftliga godkännande.

Ny entreprenör får ej anlitas utan Beställarnas skriftliga medgivande.

1.20 Tillstånd

Tekniska utförandet i sjön är inte tillståndspliktigt. Länsstyrelsen har godkänt ansökan om aluminiumbehandling av Norrviken. Sollentuna kommun anser att det inte behövs någon strandskyddsdispens för behandlingen. Erforderliga tillstånd ska utverkas och bekostas av Entreprenören. I den mån tillstånd erfordras för uppställningar, avstängningar, provisoriska anordningar och dylikt under entreprenadtiden ska Entreprenören även ombesörja och bekosta dessa. Tillstånd kan sökas på www.sollentuna.se/tillstandsguiden

1.21 Möten

Startmöte kommer att hållas i Beställarens lokaler. Överlämningar av handlingar ska ske under startmötet.

Produktionsmöte ska hållas på plats på begäran av Entreprenören eller Beställaren och max 1 gång/vecka.

Ytterligare avstämningar kan vid behov ske över telefon.

1.21.1 Fakturering

Fakturering ska ske med separat fakturering till Upplands Väsby kommun och Sollentuna kommun, med total kostnad uppdelat på 50 % på respektive kommun vid varje fakturering.

Samtliga fakturor skall märkas med: **LIFE15 IPE SE 015 Rich Waters.**

Fakturering till Upplands Väsby:

Upplands Väsby kommun
Box 86
194 22 Upplands Väsby

Fakturering till Sollentuna kommun:

Sollentuna Kommun
Skanning KLK5310-23
191 86 Sollentuna

Referens och kontrosträng meddelas vid startmöte.

1.22 Vite

1.22.1 Vite vid försening

Vid försening är beställaren berättigad till att av entreprenören erhålla ett vite om 150 000 kr per påbörjad år.

1.23 Hävning

Part äger rätt att med omedelbar verkan häva hela eller delar av avtalet, om den andra Parten i väsentligt hänseende har brutit mot avtalet. Därutöver äger Beställaren rätt att säga upp avtalet till omedelbart upphörande om Leverantören har brutit mot avtalsvillkor som är av väsentlig betydelse för Beställaren.

Vidare äger Beställaren rätt att häva delar eller hela avtalet med omedelbar verkan, om

- a) Leverans inte fullgörs eller fullgörs för sent och detta inte beror på något som Beställaren ansvarar för.
- b) Tjänsten är felaktig och detta inte beror på Beställaren eller på något förhållande på Beställarens sida och felet är ett väsentligt avtals- eller kontraktsbrott, samt Leverantören inte avhjälpt Felet inom 30 dagar från det att Beställaren underrättade Leverantören om Felet.
- c) Beställaren har skäligen anledning att anta att kontraktsbrott, enligt punkt a) eller b) ovan kommer att inträffa beträffande framtida leverans och ger rätt till hävning.
- d) Leverantören försätts i konkurs, upptar ackordsförhandling eller försätts i likvidation eller annars kan antas ha kommit på obestånd.
- e) Leverantören har lämnat oriktiga uppgifter, i anbudet eller på annat sätt och dessa uppgifter inte varit av oväsentlig betydelse för Beställaren vid tecknande av Avtalet eller Kontraktet.
- f) Leverantören, eller av denne anlitad underleverantör inte fullgör sina åtaganden avseende skatter och sociala avgifter och rättelse inte sker inom 30 dagar.
- g) Leverantören eller av denne anlitad underleverantör eller deras företrädare är föremål för åtgärder eller omfattas av förhållanden som anges i 13 kap. 1-3 §§ i lag (2016:1145) om offentlig upphandling.
- h) Leverantören eller av denne anlitad underleverantör eller deras företrädare under avtals- eller kontraktstiden blir dömd för olaga diskriminering, eller om konsulten åläggs att betala vite eller diskrimineringsersättning enligt diskrimineringslag (2008:567).
- i) Det framkommer att Leverantören fakturerar för fler timmar eller högre belopp än offererad enligt anbud.

Hävning ska för att vara giltigt alltid meddelas skriftligt till den andra Parten.

Om Beställaren häver avtalet / kontraktet är Leverantören skyldig att ersätta de skador som Beställaren lider till följd av hävningen, med de begränsningar som följer av avtalet.

1.24 Tvist

Tvist med anledning av ingånget avtal mellan Beställare och leverantör i första hand ska avgöras genom förhandling och i andra hand av svensk allmän domstol med Attunda tingsrätt som första instans.

Om tvist föreligger undantar det inte entreprenörens skyldighet att slutföra uppdraget.

1.25 Undertecknande

BESTÄLLARE

LEVERANTÖR:

2019-07-03
Datum

2019-06-19
Datum


Namn


Namn

Michael Rängeby
Namnförtydligande

Sten-Åke Carlsson LARS ERIKSSON
Namnförtydligande

Samhällsbyggnads chef
Befattning

Linné
Befattning
TEKN. CHEF

Detta avtal har upprättats i två likalydande exemplar, av vilka parterna har tagit var sitt.



Havs
och Vatten
myndigheten

SOLLENTUNA
KOMMUN



Upplands Väsby
kommun



Länstyrelsen
Stockholm

Bilaga 7

till slutredovisning av delprojekt C13, bottenbehandling av sjön Norrviken
för att minska internbelastningen av fosfor.

Produktspecifikation för Ekoflock 96

EKOFLOCK 96



PRODUKTSPECIFIKATION

Polyaluminiumkloridlösning (PAC)

Aktuellt säkerhetsdatablad är Ekoflock 50-100

Ekoflock 96 kan på grund av sin höga jonstyrka och sammansättning inte analyseras med standardiserade vattenanalysmetoder. Speciellt utarbetade och anpassade metoder krävs. Vid beräkning av pH erhålles då > 2. Tillämpliga analyser utförda vid 20°C.

Parameter	Specifikation
Utseende	Klar gultonad vätska
Lukt	Svag lukt
pH	< 2 (se inledning)
Densitet	1390 ± 25 kg/m ³
Lägsta lagringstemp	Ca -20 °C
Hållbarhet	Minst 6 månader
Viskositet	65 mPas (5 °C) 43 mPas (20 °C)

Aluminium (Al)	9,6 ± 0,3 vikt%
Klorid (Cl)	21 ± 2 vikt%
Sulfat (SO ₄)	< 1 vikt%
Basicitet	50 ± 5 vikt%

Spårämnen	Typanalys (mg/kg)
Arsenik (As)	0,03
Antimon (Sb)	< 0,004
Bly (Pb)	0,06
Kadmium (Cd)	0,001
Kobolt (Co)	0,009
Koppar (Cu)	0,27
Krom (Cr)	0,22
Kvicksilver (Hg)	0,003
Nickel (Ni)	0,09
Selen (Se)	< 0,01
Silver (Ag)	< 0,001
Tenn (Sn)	0,22
Zink (Zn)	0,75

De angivna halterna är baserade på föregående års utfall.



EKOFLOCK 96



EKOFLOCK 96 möter de krav som ställs i Svensk Standard SS-EN 17034:2018 Typ 1 – "Processkemikalier för beredning av dricksvatten" och "Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten" SLV FS 2001:30 konsoliderad 2017-09-21 (inkl. alla ändringar t o m LIVSFS 2017:2).

Övrigt:

Läs igenom Säkerhetsdatabladet före hantering av produkten.
Kontakta Feralco Nordic AB för ytterligare information angående hantering, klassificering och märkning.

I vårt informationsblad "Ekoflock – Mottagning från tankbil" finns rekommendationer angående val av material i lagertankar, pumpar, rörledningar och ventiler.

Som rekommendation skall lagertanken okulärbesiktigas och eventuellt rengöras 1 gång/år för att undvika accelererande utfällning av hydroxid. Vid produktbyte skall lagertanken alltid rengöras.

Ekoflock 96 doseras lämpligast direkt från lagertank utan spädning.

På www.feralco.se finns produktspecifikationer, säkerhetsdatablad och informationsblad för nedladdning.





Havs
och Vatten
myndigheten

SOLLENTUNA
KOMMUN



Upplands Väsby
kommun



Länstyrelsen
Stockholm

Bilaga 8

till slutredovisning av delprojekt C13, bottenbehandling av sjön Norrviken för att minska internbelastningen av fosfor.

Erfarenhetsåterföring av
bottenbehandling i Norrviken (PM) –
minnesanteckningar från
kunskapsutbyte med Norrtälje och
Södertälje kommuner



2020-08-14

Närvarande:

Louise Andersson, Miljöprojektledare,
Upplands Väsby kommun
Karl Axel Reimer, GC Miljökontoret
Södertälje kommun
Hugo Davegårdh, Vattenstrateg,
Södertälje kommun
Jonas Petterson, Åtgärdssamordnare
Södertälje kommun
Jennie Åberg, Projektledare VA,
Norrälje kommun
Peter Leonardsson, Belero,
Norrälje kommun
Malin Pilerö, Projektledare,
Solentuna kommun

Tid: 2020-08-11, kl. 09.00-10.45

Plats: Skype

Erfarenhetsåterföring av bottenbehandling i Norrviken.

Bakgrund

Inom ramen för ”LIFE IP Rich Waters C13 – Bottenbehandling av Norrviken” ställs krav på att olika aktiviteter genomförs för att uppfylla angivna direktiv. Pandemin Covid 19 har ändrat förutsättningarna för att uppfylla dessa och vi behöver anpassa oss efter den rådande situationen med Folkhälsomyndighetens rekommendationer att undvika resande och större sammankomster. En åtgärd blev att göra en film som beskriver hur åtgärden genomfördes samt beskriva varför den behövs och vilket resultat den leder till.

Syfte

För att komplettera filmen som riktar sig till både branschfolk och allmänheten kompletterade vi med ett erfarenhetsåterföringsmöte med de personer som hörde av sig med frågor till följd av att ”Exkursionsdagen” med seminarium och platsbesök inom Norrvikensprojektet (C13) ställdes in.

Resultat

Vi började med en presentationsrunda för att alla skulle kunna presentera sig och sin bakgrund – var i processen de befinner sig och vad deras utmaningar består i.

Därefter beskrev Louise Andersson vårt projekt med fokus på de områden som deltagarna tagit upp i sina presentationer.

Fortsatt samtal blev en väldigt bra plattform där konkreta frågor till LIFE Norrviken projektet kunde besvaras och alla kunde lära av varandras erfarenheter.



Redovisning av diskussion /mötet.

Kursiv text är fakta och svar från ”LIFE IP Rich Waters C13 – Bottenbehandling av Norrviken”

- Hur arbetar de olika projekten för att skapa intresse, förståelse och en vilja att finansiera projekten?
 - *Övergödningsproblematiken har varit känd under mycket lång tid och medvetandet stort hos politiker, tjänstemän och medborgare. Norrviken ligger relativt högt upp i vattensystemet Oxundaån och har därför varit av stort intresse för den mellankommunala samarbetsgruppen Oxunda vattensamverkan. Det var inom denna samverkansgrupp som insikten om problemet med internbelastning gjordes. De två kommunerna i vilken sjön ligger arbetade vidare med tidiga undersökningar för att utreda möjligheterna med en bottenbehandling för att få bukt på internbelastningen. Detta arbete nyttjades när det fanns tillfälle att söka medel för behandling via LIFE-fonden inom projektet LIFE IP Rich Waters. Inget motstånd påträffades i kommunerna när ansökan skulle skickas in.*
 - Vilket motstånd har deltagarna mött från medarbetare, kommuninnevånare och hur har detta hanterats?
 - *Inget motstånd från medarbetare. Vissa kommuninvånare har visat oro för tillsats av aluminium (kemikalier i allmänhet). Oro har hanterats med fakta och informationsspridning: Kommunikationsplan som resulterat i en mängd aktiviteter inklusive:
 - Lokaltidningsintervjuer,
 - information på hemsidor,
 - nyheter/information på sociala medier,
 - skyltning,
 - dialog och samarbete med lokala kanot- och fiskeföreningar, tät
 - kontakt med nyckelpersoner i Vattensamverkan, Länsstyrelsen i Stockholm och Länsstyrelsen i Västernorrland, LIFE IP Rich Waters centralt,
 - Seminarium för kommuninnevånarna, boende och verksamheter runt behandlingsområdet, Naturvårdsföreningen, representanter från Länsstyrelsen m.fl där en ”oberoende” konsult som arbetar med denna typ av frågor, bjudits in för att beskriva nyttan och besvara frågor.*
- Vilken typ av finansiering har använts, investeringsmedel från kommunen och i så fall vilken nämnd, kommunala VA bolaget, EU m.fl



2020-08-14

- *EU-bidrag via EU:s miljöprogram LIFE IP – möjligheten kom via Mälarens vattenvårdsförbund och hela LIFE-projektet består av flera olika projekt där behandlingen av Norrviken är ett. Koordineras av länsstyrelsen i Västmanland, <https://www.richwaters.se/>*
 - *Upplands Väsby kommun, investeringsmedel*
 - *Sollentuna kommun, exploateringsbudget- klassas som marksanering (förädling av kommunens markinnehav).*
 - *Länsstyrelsen i Stockholm*
- **Vilka undersökningar gjordes innan beslut om ansökan gjordes?**
 - *Undersökning av intern belastning och läckagebenägen sedimentfosfor i Norrviken, 2013*
 - *Förstudie Norrviken Mot ekologisk status, 2015*
 - *Litteratursammanställning, 2016*
 - *Fosforutbyte på olika bottendjup i Norrviken, 2016*

Ansökan skickades in årsskiftet december 2016.
 - **Vilka undersökningar och vilken faktainsamling låg till grund för hur behandlingen skulle genomföras?**
 - *Fällningsförsök*
 - *Kartering av sedimenten via side scan sonar och verifierande sedimentprovtagning*
 - *Analys av koppar i sedimenten (djuptransekt), pga tidigare kopparsufatbehandling. Vi fann en rapport där det framgick att kopparbehandling genomförts i sjön år 1947. Sedimentundersökningens resultat innebar kunskap om att harvningen inte fick gå djupare än 20 cm för att inte riskera att blanda upp koppar till ytan.*
 - *Diskussion med SGU om risk för kloridpåverkan på grundvattnet vid aluminiumkloridbehandling (grundvattnet har direktkontakt med sjön vid höga vattenstånd).*
 - *Modellering av aluminiumtillstättning. Olika doser, behandlingsmetoder och tidpunkter för behandling utvärderades med avseende på och risk för toxiska aluminiumkomplex beroende av pH, alkalinitet i sjön.*
 - **Hur planerade och genomfördes upphandlingen, vilka erfarenheter gjordes?**
 - *Upphandlingen utformades så att offert kunde lämnas för både harvning- och fällningsmetod eller antingen eller. Endast ett anbud inkom, harvning. Anbudet låg under budget och entreprenören, Vattenresurs, hade goda meriter från tidigare genomförda bottenbehandlingar. Vi har varit väldigt nöjda med resultatet och kommunikationen under pågående arbete.*



- Hur följer ni upp resultatet av behandlingen? Vilken livslängd har ni räknat med för behandlingen?
 - *Regelbundna analyser av fys/kem och växtplankton i vatten*
 - *Årliganalys av djurplankton i vatten*
 - *Undersökning före och efter genomförd behandling av miljögifter i fisk och makrofytutbredning*

Kontrollprogrammet inom projektet (med högre provtagningsintensitet) fortsätter 1,5 år efter behandling. Därefter tar ordinarie miljöövervakning vid.

Behandlingen har en permanent bindande förmåga. Den fosfor som har bundits har bundits och kommer inte påverka sjöarna nedströms. Effekten av behandlingen kan försvinna om fortsatt stor belastning från uppströms liggande sjöar får fortgå. Det är i dagsläget oklart hur långvarig effekt man kan få under rådande förutsättningar med Vallentunasjöns bidrag till Norrviken.

Efterfrågade rapporter/undersökningar

Upphandlingsunderlag

Modellering av aluminiumtillsättning

Noterat av

Louise Andersson, Towe Holmborn och Malin Pilerö