



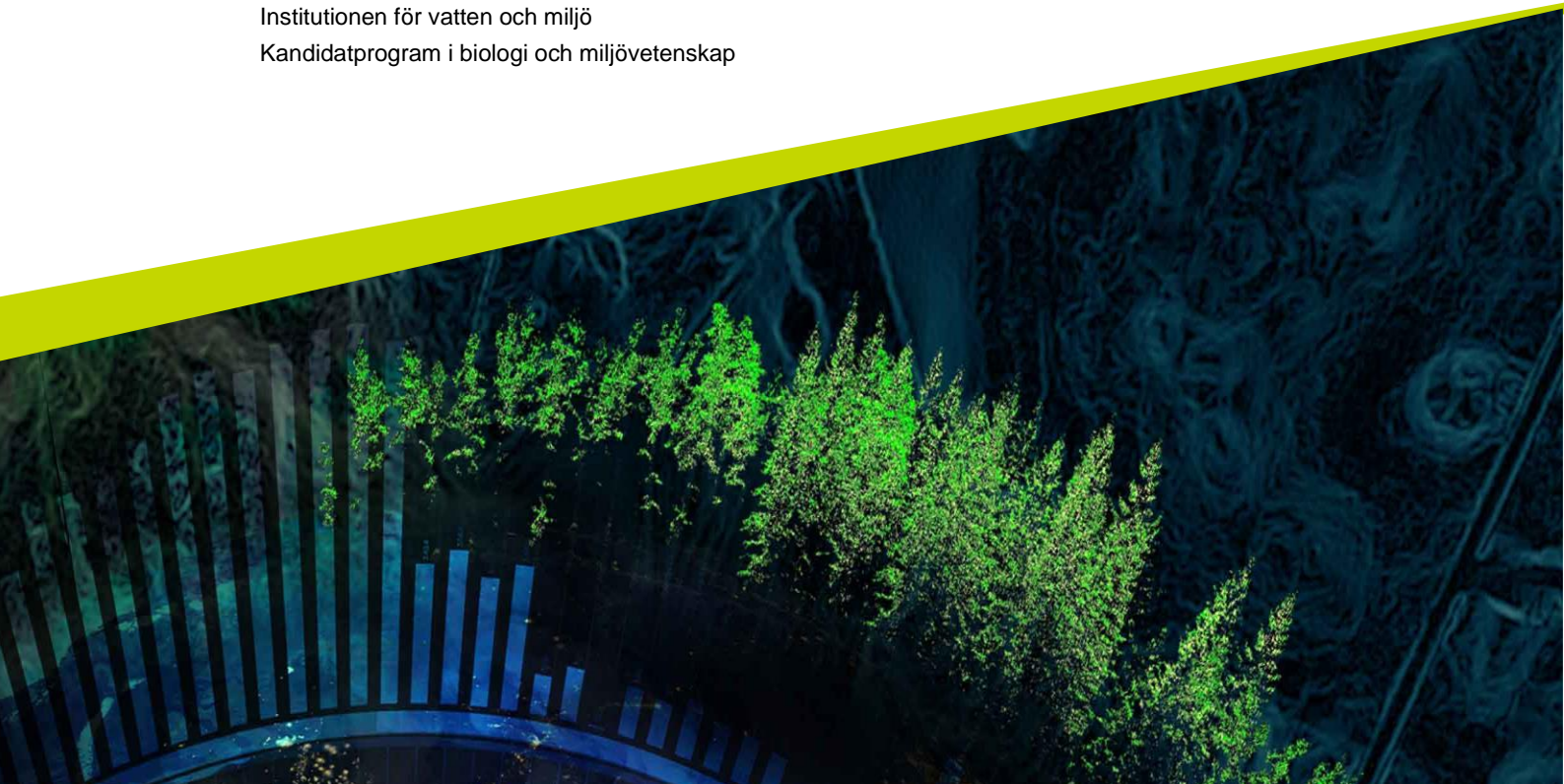
# Hur mår Östhammarsfjärden?

Vårblomning som möjlig indikator på vattenkvalitet

---

Freja Westermark

Självständigt arbete • 15 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för vatten och miljö  
Kandidatprogram i biologi och miljövetenskap



# Hur mår Östhammarsfjärden? Vårblomning som möjlig indikator på vattenkvalitet

Freja Westermark

**Handledare:** Malin Olofsson, SLU, institutionen för vatten och miljö  
**Bitr. handledare:** Jakob Walve, SU, institutionen för ekologi, miljö och botanik  
**Examinator:** Stina Drakare, SLU, institutionen för vatten och miljö

**Omfattning:** 15 hp  
**Nivå och fördjupning:** G2E  
**Kurstitel:** Självständigt arbete i biologi  
**Kurskod:** EX0894  
**Program/utbildning:** Biologi och miljövetenskap - kandidatprogram  
**Kursansvarig inst.:** Institutionen för vatten och miljö, SLU  
**Utgivningsort:** Uppsala  
**Utgivningsår:** 2023  
**Upphovsrätt:** Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

**Nyckelord:** Vattenkvalitet, bioindikator, plankton, kväve, fosfor, närsalter, Östhammar.

**Sveriges lantbruksuniversitet**  
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för vatten och miljö

## Sammanfattning

Denna uppsats undersöker vattenkvaliteten i Östhammarsfjärdarna med fokus på näring och algbloomning. Provtagning utfördes för att undersöka om planktonanalyser gav samma resultat som fysikalisk-kemiska analyser. Resultaten analyserades och kopplades samman i förhoppning om att kartlägga hur identifierade plankton kunde fungera som bioindikator. Den dåliga ekologiska statusen i området bekräftades och överlag har Östhammarsfjärdarna en mycket hög kvävehalt, en låg syrehalt samt en vårbloomning som börjar så snart isen smält. De fysikalisk-kemiska proverna jämfördes med tidigare år och variation i planktonabundansen presenterades. Även om de kemiska analyserna och planktondata till viss grad korrelerade krävs djupare kunskap för att identifiera plankton till en nivå adekvat nog att fundera som bioindikator.

*Nyckelord: vattenkvalitet, bioindikator, plankton, kväve, fosfor, närsalter, Östhammar.*

## Abstract

This thesis investigates the water quality in Östhammarsfjärdarna, focusing on nutrition and current algal bloom situation. Sampling was performed to explore if plankton analysis gave the same results as physicochemical analysis. The results were analyzed and connected in an attempt to map out how plankton identification could function as a bioindicator. The low ecological status in the area was confirmed. Overall, Östhammarsfjärdarna has very high nitrogen levels, low oxygen and a spring bloom that starts as soon as the ice has melted. The physicochemical analyses were compared with previous years and variation in plankton abundance was presented. Although the chemical analyzes and plankton data correlated to some degree, further knowledge is required in order to use plankton as a bioindicator.

*Keywords: water quality, bioindicator, plankton, nitrogen, phosphorus, nutrient salts, Östhammar.*

# Innehållsförteckning

<b>Figurförteckning</b> .....	<b>4</b>
<b>Förkortningar</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Introduktion</b> .....	<b>6</b>
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Syfte .....	7
1.3 Historik .....	7
1.4 Näring.....	8
1.4.1 Redfield-kvot.....	9
1.4.2 Ekologisk status.....	9
1.4.3 Behandlingar.....	9
1.4.4 Tidigare mätningar.....	10
<b>2. Metod</b> .....	<b>12</b>
2.1 Totalfosfor, totalkväve och närsalter .....	12
2.2 Temperatur, salinitet och siktdjup .....	12
2.3 Klorofyll .....	13
2.4 Plankton .....	13
2.5 Övriga observationer.....	15
<b>3. Resultat</b> .....	<b>16</b>
3.1 Totalfosfor, totalkväve och närsalter .....	16
3.2 Temperatur, salinitet och siktdjup .....	19
3.3 Klorofyll .....	20
3.4 Plankton .....	20
3.5 Övriga observationer.....	25
3.6 Tabell .....	26
<b>4. Diskussion</b> .....	<b>28</b>
<b>Referenser</b> .....	<b>30</b>
<b>Tack</b> .....	<b>32</b>
<b>Bilaga 1</b> .....	<b>33</b>
<b>Bilaga 2</b> .....	<b>38</b>
<b>Bilaga 3</b> .....	<b>39</b>

# Figurförteckning

Figur 1. Karta över området .....	6
Figur 2. Skala för ekologisk status .....	9
Figur 3. Vakuumfiltrering av klorofyllprover .....	13
Figur 4. Sedimentkammare .....	13
Figur 5. Inverterat mikroskop .....	14
Figur 6. Exempel på plankton .....	14
Figur 7. Koncentration totalfosfor och totalkväve .....	16
Figur 8. Koncentrationer av närsalter .....	17
Figur 9. Redfield-kvot .....	18
Figur 10. Vattentemperatur och salinitet .....	19
Figur 11. Siktdjup .....	19
Figur 12. Klorofyll .....	20
Figur 13. Djurplankton, biovolym .....	21
Figur 14. Växtplankton, biovolym .....	22
Figur 15. Djurplankton, individer per liter .....	23
Figur 16. Växtplankton, individer per liter .....	24
Figur 17. Djurplankton, fotografier .....	24
Figur 18. Växtplankton, fotografier .....	25

Om inget annat anges är fotografier tagna av Freja Westermark.

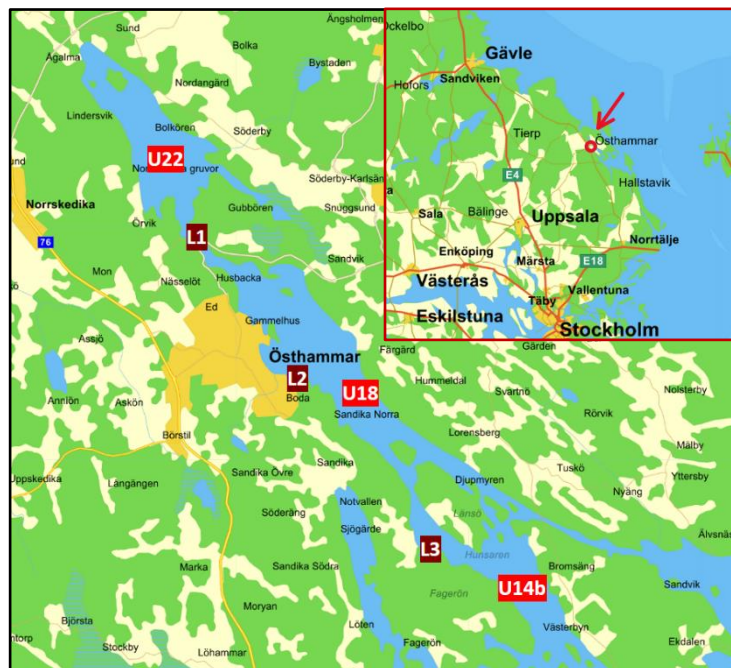
## Förkortningar

L1, L2, L3	Lokal 1, Lokal 2, Lokal 3
SKVVF	Svealands Kustvattenvårdsförbund
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
SU	Stockholms Universitet

# 1. Introduktion

## 1.1 Bakgrund

Likt många andra fjärdar på Sveriges östkust påverkas Östhammarsfjärdarna<sup>1</sup> kraftigt av eutrofiering efter decennier av läckage från bland annat avlopp och jordbruk (Östhammars kommun 2021). Området har ett bräckt vattensystem sammankopplade med smala, trösklade mynningar vilket skapar en naturlig salinitetsgradient från Granfjärdens låga till Hunsarens relativt höga salthalt (se figur 1). Vattenmassor som dessa, med låg cirkulation samt hög näringsnivå, riskerar kraftig algblomning under sommarhalvåret (Länsstyrelsen Uppsala 2012).



Figur 1. Markerat på kartan syns: recipientkontrollprogrammets provtagningsstationer: U22 Granfjärden, U18 Östhammarsfjärden, U14b Hunsaren. Under provtagningen som utfördes för denna uppsats användes platserna L1, L2 samt L3. Den inflikande bilden visar var på Östkusten området ligger. (Eniro 2023)

<sup>1</sup> I uppsatsen benämns Granfjärden, Östhammarsfjärden och Hunsaren som Östhammarsfjärdarna.

## 1.2 Syfte

I den här uppsatsen analyseras vattenkvaliteten under våren i Östhammarsfjärdarna utifrån tre provtagningstillfällen i april månad 2023. Analyserna avser totalfosfor, totalkväve, närsalter, temperatur, salinitet, siktdjup, klorofyll samt identifiering av plankton. Även observationer noteras (till exempel: väder, vind, solinstrålning, strömriktning, vattenstånd, artobservationer). För att få en bredare förståelse för områdets vattenkvalitet och problematik jämförs insamlade data med data från tidigare år på samma plats.

Östhammarsfjärdarna är intressanta att studera eftersom det är ett bräckt vattensystem med kraftig övergödning. Sjöar med denna grad av eutrofiering behandlas ofta för att över tid uppnå en mer önskvärd vattenkvalitet. En av de mest effektiva metoderna i liknande miljöer har varit fastläggning av fosfor genom aluminiumbehandling (Huser & Köhler 2018). Skillnaden är att Östhammarsfjärdarna har bräckt vatten, det finns därför en del oklarheter kring ifall behandlingar fungerar lika väl som i sötvatten.

Målet med uppsatsen är dels att genom datainsamling i form av provtagning förstå hur vattenkvaliteten ser ut i år i relation till tidigare år. Dels att se ifall analyser av plankton indikerar vattenkvalitet på samma sätt som kemiska och övriga analyser. Värt att nämna är att större delen av de regelbundna mätningarna i området som utförs av Svealands Kustvattenvårdsförbund, SKVVF, sker under sommaren, då algblomningen är som starkast. Att undersöka vattenkvaliteten mer ingående under våren, just när algblomningen kommer igång, kanske kan visa på vilken riktning blomningen tar under kommande sommarmånader.

## 1.3 Historik

År 2021 publicerade Östhammars kommun sammanställningen *Några nedslag i historiken, Östhammarsfjärdarna* (Andersson 2021). Där nämns några av de viktigaste historiska händelserna för vattenkvaliteten i området. Bland annat att Östhammars reningsverk installerades 1965. Detta var ett stort kliv i rätt riktning då avloppsvatten tidigare ofta släpptes rakt ut i fjärden. År 1980 invigdes Forsmark kärnkraftverk som, även om det ligger ca 10 km utanför avrinningsområdet, ökade inflyttningen till Östhammar vilket påverkade vattenkvaliteten.

År 2004 infördes lagstiftning i Sverige p.g.a. *EU:s ramdirektiv för vatten* vilket gav kommuner och myndigheter skyldighet till åtgärder. Utöver detta finns *miljökvalitetsnormer*, där målet *god ekologisk status* skulle uppnås i Östhammarsfjärden till år 2027. Nuvarande ekologisk status är *dålig*. Även om åtgärder sätts in tar det tid för miljön att anpassa sig, därför sköts målet upp till år 2039. Det krävs även internationellt samarbete för att Östersjöns vattenkvalitet, som påverkar Östhammarsfjärdarna, ska förbättras.



För att minska kväveutsläppen anlades Karö våtmark som invigdes 2015. Vattnet från Östhammars reningsverk leds till våtmarken där kvävereduktion sker.

På grund av hög internbelastning (se förklaring under 1.4) ansöktes under 2010-talet tillstånd om fastläggning av fosfor. Havs- och vattenmyndigheten avslag eftersom de ansåg att metoden inte evaluerats nog i brackvatten. Sedan dess har två rapporter publicerats (Andersson 2021). *Vitboken* (Kumblad & Rydin 2018) som beskriver fosforfällningen i Björnöfjärden (Värmdö kommun) samt Havs- och vattenmyndighetens *Handbok för åtgärder mot internbelastning* (Havs- och vattenmyndigheten 2023). Dessa två dokument kommer förhoppningsvis öka stödet för framtida projekt (Andersson 2021).

## 1.4 Näring

I alla vatten finns näringsämnen. Halterna varierar naturligt beroende på vilken berggrund som finns i avrinningsområdet men påverkas även av mänsklig aktivitet (VISS 2023). Tillförsel av för mycket näringsämnen till mark eller vatten kallas övergödning och leder till en rad konsekvenser. I vatten ökar exempelvis ofta antalet växtplankton, vilket förändrar ekosystemet både kemiskt och fysiskt (Havet.nu 2023). Den ökade planktonproduktionen i ytvattnet bidrar till mycket dött organiskt material som sedimenterar till botten. När organiskt material bryts ner förbrukas syre (SMHI 2023b). Syrenivån i vattnet kan bli för låg, särskilt under vintrar med isläggning då syre inte tillförs från luften. En låg syrehalt gör det svårt för fiskar och andra bottenlevande organismer att överleva vilket resulterar i en lägre artrikedom (Sveriges vattenmiljö u.å.). En tillkommande konsekvens av algblooming är att vissa algar bildar gifter som är farliga för människor och djur (Havs- och vattenmyndigheten 2019).

Ämnena fosfor och kväve avgör ofta vilken omfattning algbloomingen har. De är båda grunden till algernas tillväxt och begränsning. Enligt Vatteninformationssystem Sverige avgör fosfor ofta detta i sötvatten medan kväve avgör i saltvatten. Vilket som är det begränsande ämnet varierar i Östersjön eftersom området har bräckt vatten (VISS 2023). För att ta reda på näringsnivån i vattnet tas ofta prover på både närsalter samt totalfosfor och totalkväve. Närsalter innebär löst oorganiskt kväve och fosfor som i vattenmassan är tillgängligt för alger. Totalkväve samt totalfosfor innefattar både närsalter samt organiskt kväve och fosfor som är bundna i exempelvis alger, alltså näring som plankton redan tagit upp (Sveriges Vattenmiljö 2023).

När en vattenmassa har för hög fosforhalt brukar man dela upp problemet i extern- och internbelastning. Externbelastning är det nya inflödet av fosfor (till exempel läckage från jordbruk, utsläpp från reningsverk och enskilda avlopp) medan internbelastning är cirkulation av fosfor som tidigare har sedimenterat. För

att åtgärder på internbelastningen ska fungera över tid måste externbelastningen vara tillräckligt låg (Huser 2023).

Att minska mängden näring i systemet resulterar troligen i ett ökat siktdjup vilket fördjupar den eufotiska zonen och därigenom tillåter växtlighet att etablera sig på botten. Detta stabiliserar sedimentet och minskar resuspension av sedimentpartiklar vilket ytterligare ökar siktdjupet. Många faktorer spelar in och det är svårt att veta exakt vilka effekter förändringen skulle ha i näringskedjan. Det är till exempel högst sannolikt att gäddan och abborren skulle gynnas i Östhammarsfjärdarna om man minskar näringshalten, medan gösen däremot troligen skulle minska i antal eftersom den trivs i lite grumligare vatten (Länsstyrelsen Uppsala 2012). Fördelarna med en lägre näringshalt väger dock klart tyngre, det är med andra ord högst önskvärt att minska näringsnivån i området.

#### 1.4.1 Redfield-kvot

I marina vatten finns en kvot som indikerar optimala näringsförhållanden i växtplanktonceller. För kol, kväve och fosfor (C:N:P) gäller förhållandet 106:16:1 (Redfield 1934). Särskilt förhållandet mellan kväve och fosfor (N:P) är viktigt för växtplankton eftersom kol sällan är begränsande. Om kvoten är lägre än 16:1 (alltså om skillnaden mellan talen är lägre, till exempel 15:1) så är det kväve som är begränsande. Är kvoten högre (t ex. 17:1) så är det fosfor som är begränsande. Denna kvot anges kortfattat som den första siffran i förhållandet, så som 17 i senaste exemplet.

#### 1.4.2 Ekologisk status

För att mäta hur ett vattenområde mår talar man ofta om ekologisk status. Utifrån biologiska och fysikalisk-kemiska parametrar placeras vattnets hälsa på en skala från *hög* till *dålig* ekologisk status, se figur 2 (Vattenmyndigheterna 2023). Detta görs likadant i hela EU enligt vattendirektivet (Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG). Östhammarsfjärdarna har idag *dålig* ekologisk status inom många olika parametrar, exempelvis näring och klorofyll (Svealands Kustvattenvårdsförbund 2023).



Figur 2. Skala för ekologisk status (Vattenmyndigheterna 2023).

#### 1.4.3 Behandlingar

Uppsala länsstyrelse släppte år 2012 rapporten *Fosforfällning i en brackvattenfjärd – en förstudie i Östhammarsfjärden*. Enligt rapporten kom en stor andel av fosforhalten i Östhammarsfjärden år 2011 från internbelastning (3500-5100 kg/år) men även en relativt stor okänd källa fanns (0-2000 kg/år). Från Granfjärden läckte 800 kg fosfor/år ut. Granfjärdens internbelastning behöver minska, detta var

anledningen till ansökan om fosforfällning som nämndes i historiken. En del av bottarna i Östhammarsfjärdarna har dessutom mycket låg syrehalt. Syrefria bottnar läcker mer fosfor än andra då syre krävs för att fosfor ska kunna bindas till sediment (Rydin & Wänstrand 2012).

Kvävekällorna i Östhammarsfjärdarna kommer främst från reningsverk och jordbruk men även luftföroreningar har en stor påverkan på området. De stora kväveutsläppen från reningsverket är anledningen till att Karö våtmark, nämnt i historiken, anlades (Östhammars kommun 2021).

En rapport från 2018 beskriver liknande övergödningsproblematik i Växjösjön och Södra Bergundasjön i Småland samt hur behandlingar utförts. För att uppnå vattenkvalitetsmål för övergödda sjöar som dessa behöver den interna fosforkällan minska. Av ett antal alternativ är aluminiumbehandling ofta mest kostnadseffektivt (Huser & Köhler 2018).

Aluminium är en av de vanligaste metallerna i jordskorpan. I sedimentet binder aluminium till sig fosfor vilket bildar mineraler, exempelvis gibbsit. Problemet är överflödet av fosfor som på grund av mänsklig aktivitet gör att befintligt aluminium inte räcker till för att binda all fosfor. Näringsnivån i vattenmassan förblir därmed hög när sediment rörs upp och bidrar till algblomningar. Som lösning på detta används alltså ofta aluminiumbehandlingar för att binda överflödigt fosfor till sedimentet. Under de senaste fyrtio åren har några hundra sjöar effektivt behandlats med aluminium (SLU 2018). Aluminiumbehandling har inte utförts lika mycket i brackvatten eftersom effekten varit mer okänd. Som nämnts i historiken finns nu ny kunskap som förhoppningsvis förändrar detta.

#### 1.4.4 Tidigare mätningar

För att öka kvalitet och kostnadseffektivitet på provtagningar i Östhammarsfjärdarna startades ett gemensamt provtagningsprogram under 2020-2021. Provtagningar som tidigare gjordes av Östhammars kommun samt Östhammar Vatten AB görs nu av SKVVF (Östhammars kommun 2021). I tabell 1 presenteras SKVVF:s data från relevanta provtagningspunkter för denna uppsats då deras provtagningsstationer U22, U18 och U14b låg nära de provtagningar jag gjorde benämnda L1, L2 och L3. Observera att provtagningsdatumen sträcker sig över tre år. I tabellen kan vi exempelvis se att halterna av totalkväve (705 µg/l) och totalfosfor (31 µg/l) var höga i Östhammarsfjärden i april 2022. Data hämtades från den nationella datavärden för marina miljöövervakningsdata, SMHI, dataportalen Sharkweb (SMHI 2023a).

Tabell 1. SKVVF:s data från april 2021, 2022 samt 2023. De tre provtagningsstationerna U22, U18 och U14b var relevanta att jämföra med provtagningsplatserna för denna uppsats. Samtliga prover har tagits på 0 m djup.

Provtagningsdatum	Station snamn	Siktdjup (m)	Temperatur CTD (C)	Salinitet CTD (o/oo psu)	tot-P (µg/l)	tot-N (µg/l)	klorofyll a (µg/l)	ammoniumkväve (NH4-N) µg/l	fosfatfosfor PO4-P (µg/l)	silikat kisel SiO4-Si (µg/l)	nitrit+nitratkväve NO2+NO3-N (µg/l)	totN/totP (mol:mol)	DIN/DIP (mol:mol)
2021-04-15	U22	1,1	6,2	3,24	62,3	1263	18,3	80	2,4	3203	167	279	45
2022-04-20	U22	0,7	9,1	3,13	69,2	1314	36,6	25	2,0	3235	72	118	42
2023-04-25	U22	0,95	8,0	2,87	68,1	1454	38,1	315	1,4	3904	52	1283	47
2021-04-15	U18	1,9	6,0	4,14	35,2	693	16,2	2	2,1	1080	37	32	44
2022-04-20	U18	1,3	8,7	3,62	31,3	705	12,9	1	1,5	1526	23	29	50
2023-04-25	U18	1,8	7,7	3,61	45,7	803	19,0	18	2,4	1650	98	104	39
2021-04-15	U14b	3,4	5,4	4,70	18,1	394	5,5	1	0,5	406	0	16	48
2022-04-20	U14b	2,9	7,0	4,44	22,0	449	6,1	1	0,8	816	1	10	45
2023-04-25	U14b	2,9	4,6	4,59	18,9	423	8,1	3	0,6	605	13	53	49

## 2. Metod

Jag provtog och analyserade vattenkvaliteten i Östhammarsfjärdarna med flera olika sorters prover, tagna på tre olika platser över tre veckors tid, en gång i veckan (12:e, 19:e och 25:e april). Kombinationen av växtplanktonprov med närsalter, klorofyll, salthalt samt totalfosfor och totalkväve togs dels för att förstå relationen mellan näringshalterna och algbloomningen, dels för att kunna jämföra med tidigare år för att se hur halterna låg våren 2023.

Jag genomförde provtagningen, identifieringen av plankton samt de flesta av vakuumfiltreringarna inför klorofyllprovernas analys. Analyserna för de kemiska proverna (närsalter, totalfosfor, totalkväve, salthalt och klorofyll) utfördes av Jakob Walve vid Marinekologiska Laboratoriet, DEEP på Stockholms universitet (SU), enligt standardmetoder för nationell och regional miljöövervakning, (se bilaga 1).

De första två provtagningstillfällena utfördes genom att från land fylla en hink med vatten från de respektive platserna L1, L2 och L3. Proverna togs sedan med skopa från hinken. Det tredje provtagningstillfället utfördes från båt med vattenhämtare. Nedan följer en beskrivning av hur proverna samlades in samt hur de behandlades på laboratoriet.

### 2.1 Totalfosfor, totalkväve och närsalter

Proverna för totalfosfor och totalkväve samlades in i 100 ml flaskor och frystes in tills analys utfördes på SU. Proverna för närsalter samlades i provtagningsrör efter filtrering med spruta, enligt bilaga 2 (*Anvisningar för provtagning av lösta närsalter (med infrysning)*) och frystes även de in tills analys utfördes på SU.

### 2.2 Temperatur, salinitet och siktdjup

Vid de första två provtagningsomgångarna uppmättes temperaturen om möjligt i skuggan, direkt i ytvattnet. Om ej möjligt togs temperaturen i hinken. Vid den sista provtagningsomgången användes vattenhämtarens inbyggda termometer.

Precis som för totalfosfor och totalkväve samlades prover för salthalt in i 100 ml flaskor. Dessa placerades i kyl inför analys på SU.

En siktdjupsskiva, även kallad Secchi-skiva, användes för att mäta siktdjupet. Skivan sänktes ner till ett djup då den inte längre syntes och fördes sedan upp tills den blev synlig, därefter observerades djupet på linan.

## 2.3 Klorofyll

Klorofyllproverna samlades in i 1 l flaskor. Flaskorna förvarades mörkt och vakuumfiltrerades några timmar efter insamling. Provtagningen och filtreringen utfördes i enlighet med bilaga 3, *Bestämning av klorofyll i vatten Extraktion med etanol – spektrofotometrisk metod*. Filtren konserverades i etanol och förvarades i frys inför analys på SU. Figur 3 visar vakuumfiltreringen av klorofyllproverna.

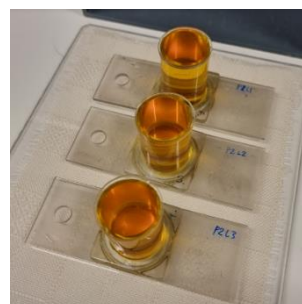


Figur 3. Vakuumfiltrering av klorofyllprover. Högra fotot visar filtret efter filtrering med grönbruna partiklar av bland annat växtplankton.

## 2.4 Plankton

### *Provtagning*

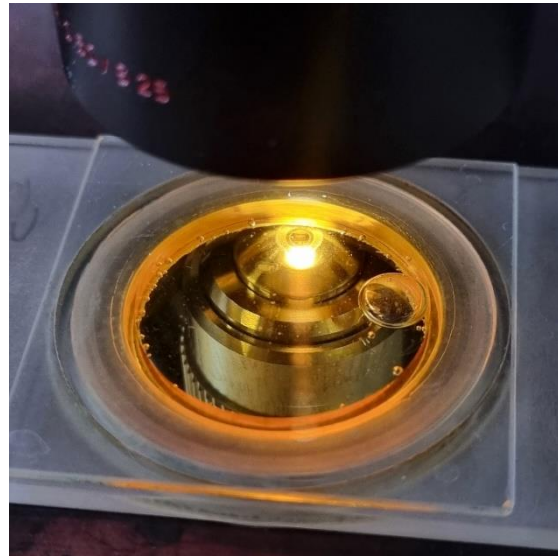
Prover för planktonsammansättning och abundans samlades in i 50 ml falconrör och konserverades med Lugols lösning (1 ml per 200 ml). Proverna förvarades mörkt och svalt till senare identifiering. Vid analys sattes en sedimentkammare (Utermöhl 1958) med volymen 25 ml för att förbereda proverna inför identifieringen (se figur 4). Sedimentkamrarna stod mörkt i minst 18 h innan mikroskoperingen påbörjades för att alla växtplankton skulle hinna sedimentera till kammarens botten (HELCOM 2023).



Figur 4. Sedimentkammare.

### *Identifiering och räkning*

Vid identifiering och räkning av plankton användes ett inverterat mikroskop (se figur 5). En transekt av sedimentkammarens botten gick igenom med 10x objektiv för att räkna djurplankton. För de som var stora nog att identifieras med denna förstoring antecknades taxa och antal (ex *Strobilidium*, *Keratella*, Pleurostomatida). Sedan valdes fem godtyckliga synfält ut och med 40x objektiv räknades sedan allt i synfältet som var urskiljbart samt större än 1,6  $\mu\text{m}$  (ett sträck på linjalen i figur 6). Vissa taxa räknades inte på grund av att de var för svåra att identifiera. Vissa plankton gick ej att skilja åt eftersom Lugol färgar allt brungult – kiselalger och grönalger med liknande form gick ofta inte att skilja åt.



Figur 5. Ett inverterat mikroskop användes vid räkning av plankton.

### *Antal individer per liter*

Alla observationer matades in i Excel för beräkning av individer per *ml*. Areal av transekt och synfält beräknades för att förstå hur stor del av hela sedimentkammarens bottenarea som hade räknats. Förhållandet mellan dessa la grunden till att räkna ut förhållandet mellan räknad volym och totala volymen på 25 *ml*. På så sätt kunde antalet individer per *ml* beräknas och därigenom antal individer per liter (se HELCOM 2023 för mer detaljer kring metod).



Figur 6. Mitt i bilden syns ett djurplankton från ordningen Pleurostomatida. Ett sträck på linjalen i bild motsvarar 1,6  $\mu\text{m}$ . Foto togs med telefonkamera genom mikroskopets okular.

### *Biovolym per liter*

För de mest dominerande artgrupperna plankton mättes längd och bredd. Volymen för dessa beräknades utifrån vilka geometriska former de liknade, ex Pleurostomatida beräknades som cylinder. När biovolymen ( $\text{mm}^3$ ) tagits fram beräknades totala biovolymen i förhållande till sedimentkammarens volym, 25 *ml*,

och sedan beräknades biovolymen plankton per liter vatten i enheten mm<sup>3</sup>/liter. Detta gjordes enligt HELCOM 2023 och Olenina 2008.

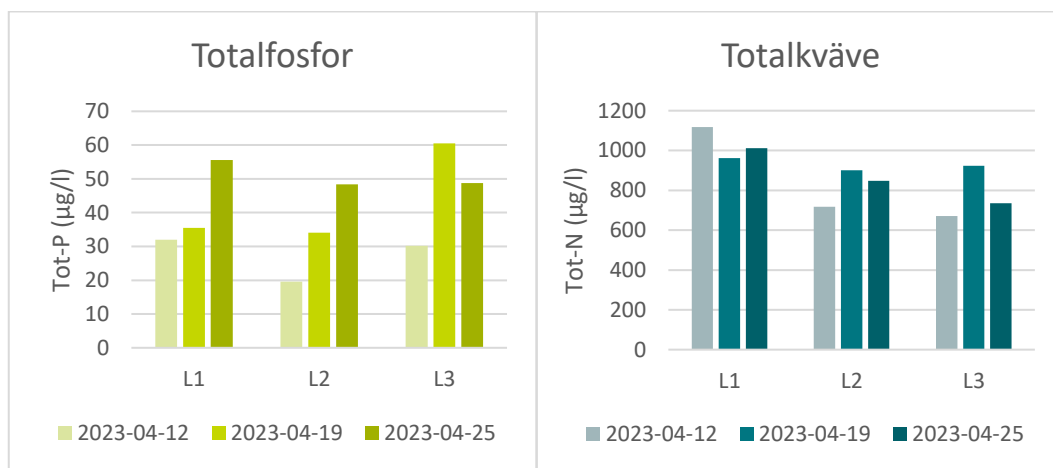
## 2.5 Övriga observationer

Under fältarbetet antecknades observationer så som väder (till exempel sol/moln, regn, vind), om vattnet var strömt samt riktning på strömmen, vattenstånd. Även artobservationer gjordes, främst av fåglar och träd.



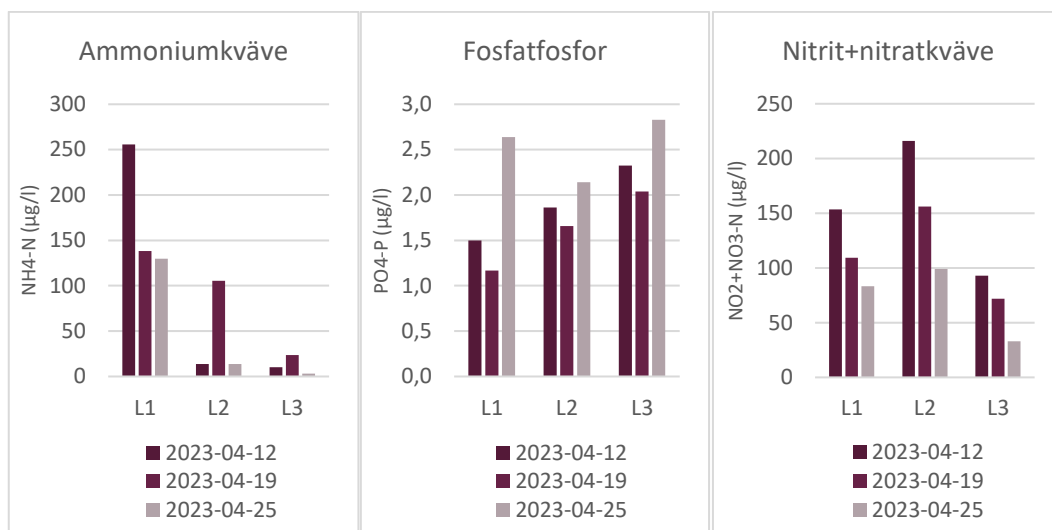
## 3. Resultat

### 3.1 Totalfosfor, totalkväve och närsalter



Figur 7. Totalfosfor (a) och totalkväve (b) vid tre lokaler i Östhammarsfjärdarna våren 2023.

Koncentrationen av totalfosfor (figur 7a) ökade från 12:e till 25:e april på varje provtagningsplats, med det högsta värdet  $60,5 \mu\text{g/l}$  vid L3 den 19:e april. Halten totalkväve (se figur 7b) varierade mer. Vid L1 minskar kväve från högsta nivån,  $1117 \mu\text{g/l}$ , medan halterna vid L2 och L3 ökade från första till sista provtagningen. Eftersom det bara är ett prov per tillfälle är det dock svårt att dra några slutsatser kring små ändringar i koncentrationerna.



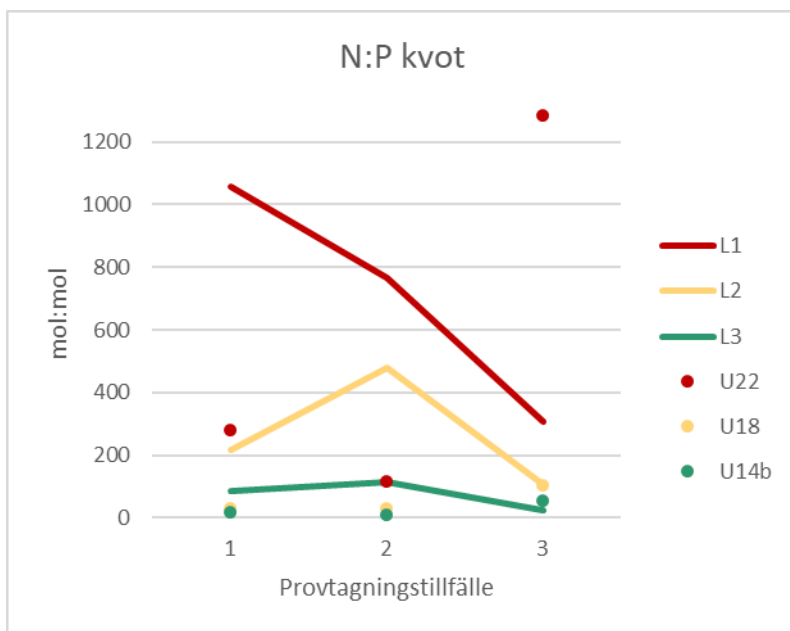
Figur 8. Koncentrationerna av ammoniumkväve (a) fosfatfosfor (b) samt nitrit- och nitratkväve (c) vid tre lokaler i Östhammarsfjärdarna våren 2023.

Halterna ammoniumkväve var mycket höga vid L1, 256  $\mu\text{g/l}$ , den 12:e april (se figur 8a). Alla tre platserna hade lägst värden under den tredje provtagningen.

Fosfatfosfornivåerna (figur 8b) var högst under sista provtagningen på alla tre platser, som högst 2,8  $\mu\text{g/l}$  vid L3. Även om halterna verkar gå ner under andra provtagningen stiger de överlag från första till sista datumet.

Vi kan i figur 8c avläsa att nitrit- och nitratkväve minskar över tid på alla tre platser med högsta värde, 216  $\mu\text{g/l}$ , vid L2 den 12:e april.

När syre finns tillgänglig sker nitrifikation som omvandlar organiskt kväve först till ammoniumkväve och sedan till nitrit och nitrat (Ekologgruppen Landskrona AB 2013). Resultaten pekar indirekt på låg syrehalt eftersom ammoniumhalterna var mycket höga vid vissa tillfällen särskilt i början av perioden.

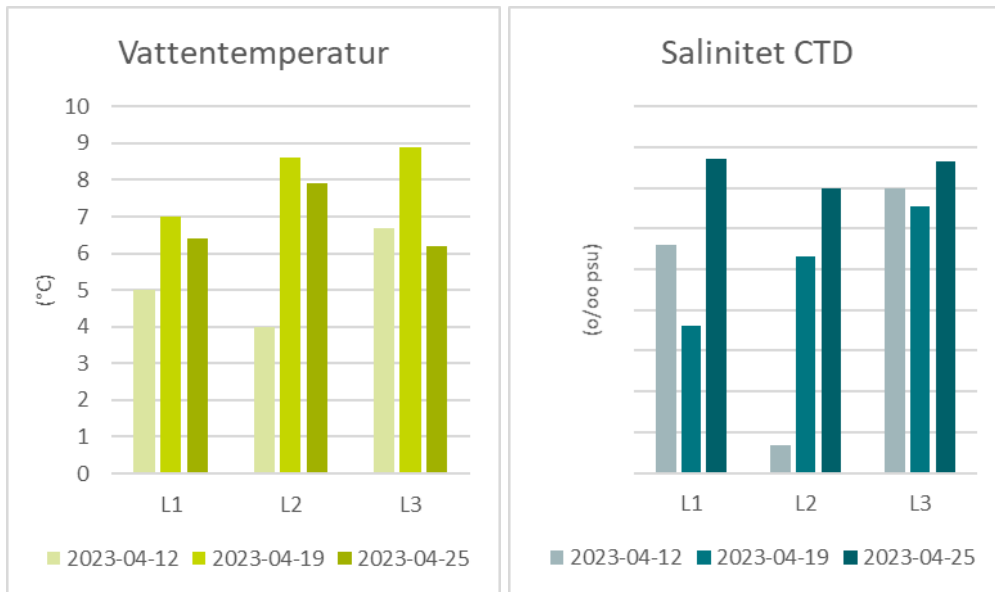


Figur 9. Redfield-kvot, förhållandet mellan kväve och fosfor vid provtagningsstationerna L1, L2, L3 samt U22, U18 och U14b i Östhammarsfjärdarna.

I figur 9 visas kvoten mellan kväve och fosfor vid L1, L2 och L3 samt U22, U18 och U14b. Vid L-stationerna utfördes provtagningen för denna uppsats. Vid U-stationerna utförs regelbunden provtagning för miljöövervakning. Observera att två av de tre sistnämnda inte är tagna på samma datum som L1, L2 och L3 – de är tagna år 2021, 2022 respektive 2023. Provtagningen vid U-stationerna år 2023 utfördes av SKVVF, detta var den gemensamma provtagningen tillsammans med Jakob Walve där jag fick se hur han arbetade och samtidigt tog mina vattenprover. Se datum i tabell 2 för förtydligande.

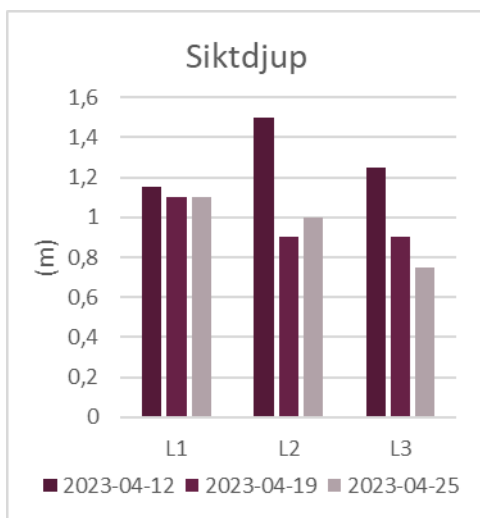
Redfield-kvoten sjönk succesivt vid L1 medan L2 och L3 steg från den 12e till den 19e april för att sedan sjunka som lägst den 25e. Som lägst var kvoten nere på 23, den 25e april vid L3. Det högsta värdet under detta projekts provtagning var 1056, den 12e april vid L1. Detta tyder på att det var fosforbegränsat vid alla provtagningsstillfällena eftersom kvoten låg över 16:1.

## 3.2 Temperatur, salinitet och siktdjup



Figur 10. Vattentemperatur (a) och salinitet (b) vid tre lokaler i Östhammarsfjärdarna våren 2023.

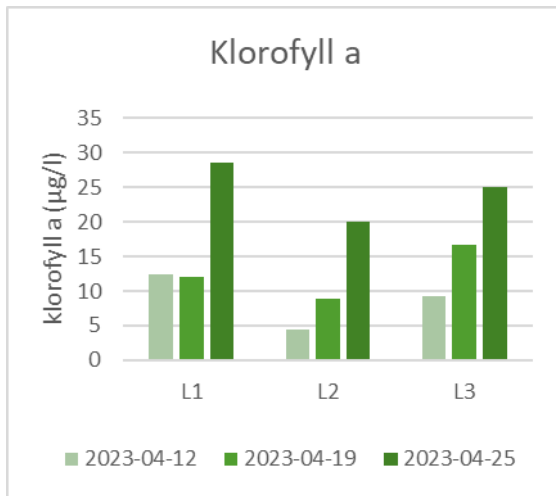
I figur 10a ser vi att vattentemperaturen steg från första till andra provtagningen, som högst 8,9 °C, men sjönk det tredje tillfället på grund av kallare väder. Salthalten (figur 10b) var som högst under den sista provtagningen, med högsta värde 3,86 psu vid L1. Som lägst var salthalten 0,34 psu vid L2 den 12:e april.



Figur 11. Siktdjup. vid de tre lokalerna i Östhammarsfjärdarna våren 2023.

Som framgår av figur 11 minskade siktdjupet något under de tre veckorna provtagningen utfördes. Förändringen var liten, särskilt vid L1, men större vid L3. Siktdjupet var som mest 1,5 meter den 12:e april vid L2.

### 3.3 Klorofyll



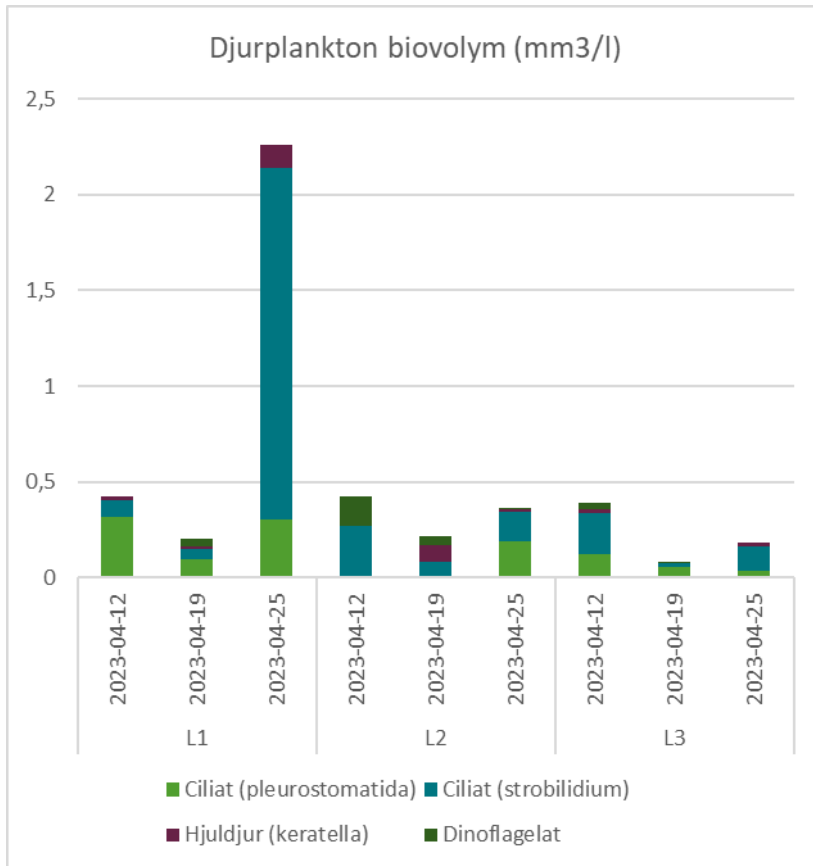
Figur 12. Klorofyll.

I figur 12 kan vi se sammanställningen av klorofyllhalten. Vid L2 och L3 skedde en tydlig gradvis ökning medan L1:s första två provtagningar var relativt lika. Högsta klorofyllhalten, 28,6 µg/l, mättes den 25:e april vid L1.

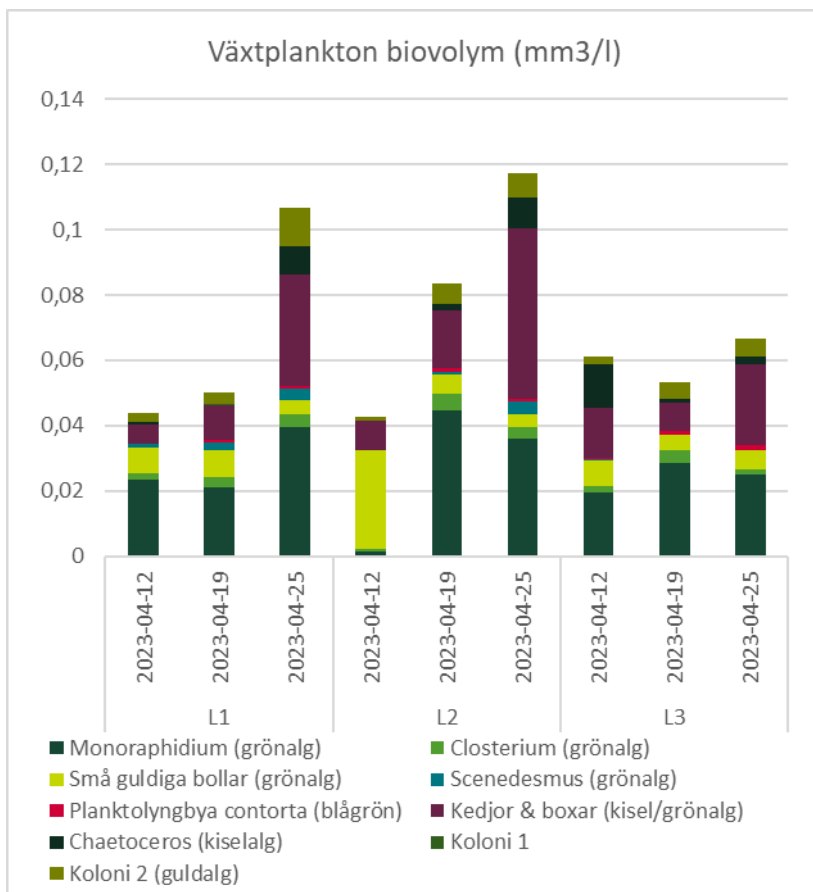
I tabell 2 kan vi avläsa att jämfört med tidigare värden är årets klorofyllhalter något lägre. Halten klorofyll steg generellt vilket uppvisar starten för säsongens algbloomning och liknar tidigare år vid U22, U18 samt U14b.

### 3.4 Plankton

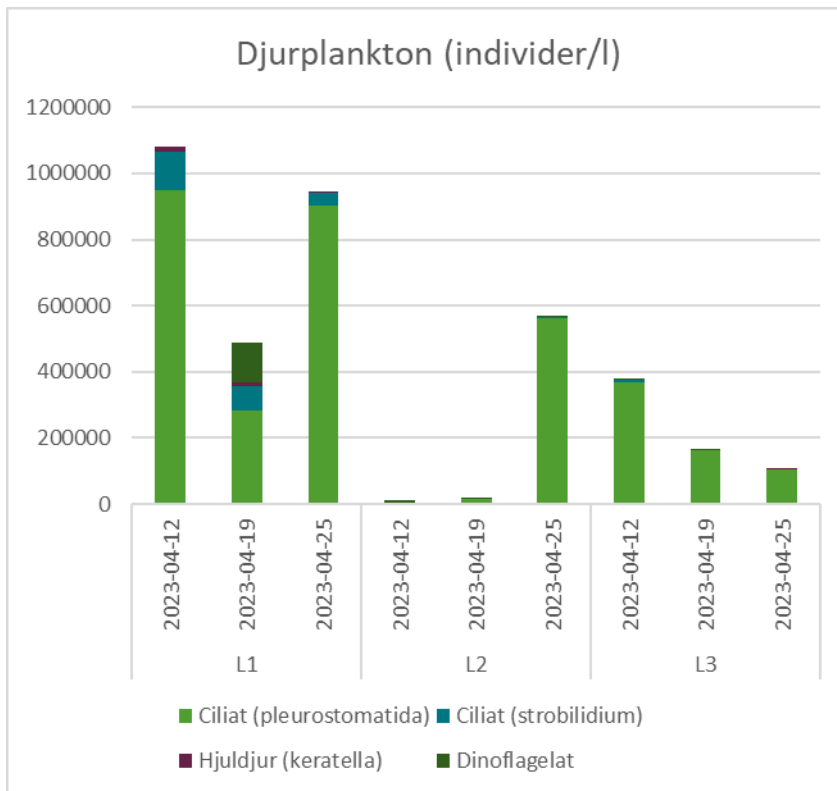
Till att börja med har jag valt att presentera den totala biovolymen för djur- respektive växtplankton (figur 13-14). Detta för att ge en överskådlig bild av hur variationen från den 12:e till den 19:e april såg ut. I figurerna 15 och 16 kan vi sedan avläsa de dominerande djur- respektive växtplanktongrupperna presenterade i individer per liter. Diagrammen visar förhållandet mellan planktongrupperna. Dessa planktondata presenterar endast de mest abundanta grupperna. Många av grupperna har arbetsnamn eftersom identifiering inte var möjlig. Biovolym presenteras för att det normaliserar värdena för planktons storleksskillnader. T ex. kan växtplankton finnas i större antal än djurplankton men jämför man biovolym är förhållandet det omvända. Djurplanktons biomassa är i så fall högre än växtplanktons, även om den är uppdelad på färre individer.



Figur 13. Djurplankton, biovolym per liter vid de tre stationerna i Östhammarsfjärdarna våren 2023.

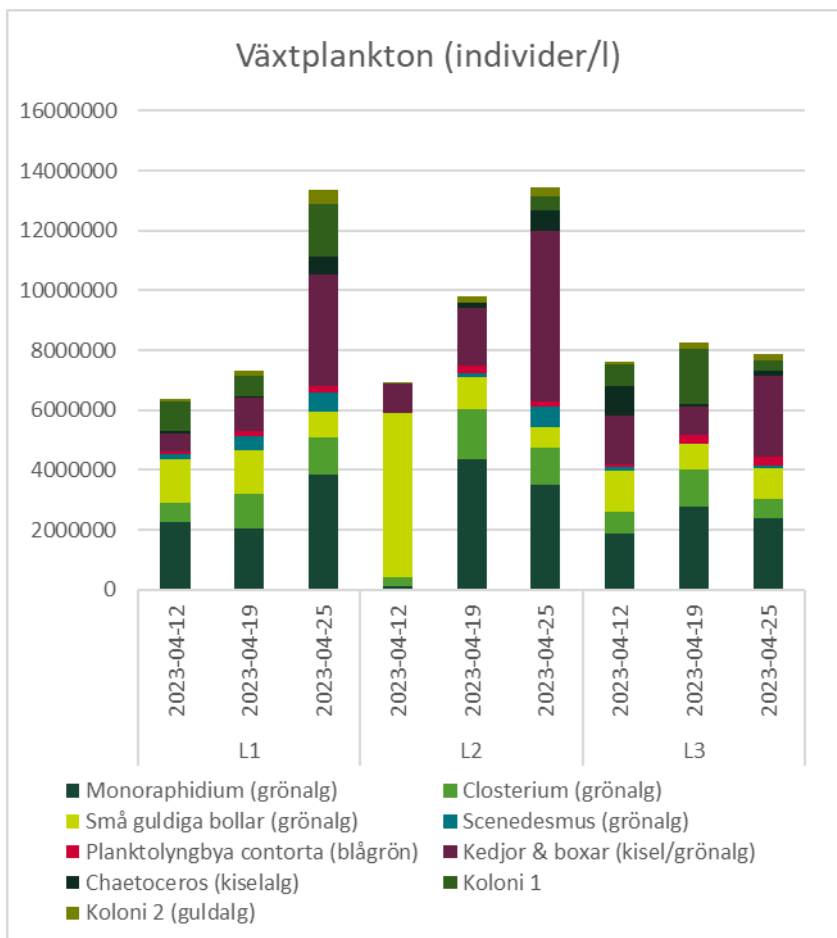


Figur 14. Växtplankton, biovolym per liter vid de tre stationerna i Östhammarsfjärdarna våren 2023.



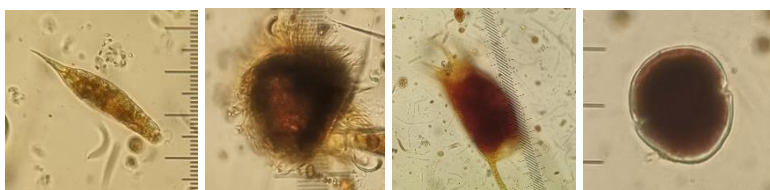
Figur 15. Djurplankton, individer per liter vid de tre stationerna i Östhammarsfjärdarna våren 2023.



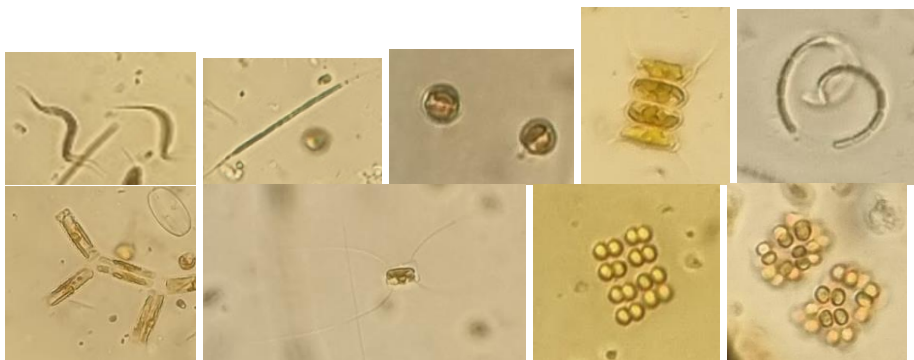


Figur 16. Växtplankton, individer per liter vid de tre stationerna i Östhammarsfjärdarna våren 2023.

I figur 17 och 18 nedan syns foton på de mest abundanta planktongrupperna.



Figur 17. Djurplankton: Ciliater från ordning Pleurostomatida samt släktet Strobilidium, hjuldjur från släktet Keratella och även några djurplankton från överklass dinoflagellater.



Figur 18. Växtplankton. Övre raden, från vänster: släktet *Monoraphidium* (grönalg), släktet *Closterium* (grönalg), "små guldiga bollar" (grönalg), släktet *Scenedesmus* (grönalg), *Planktolyngbya contorta* (cyanobakterie). Nedre raden, från vänster: "kedjor och boxar"

### 3.5 Övriga observationer

Nedan följer en förenklad sammanställning av observationer gjorda i fält.

#### Provtagning 12 april

**L1:** Sol, växlande molnighet. Frisk bris. Något strömt under bron, strömt norrut. En hel del vass. Ingen is. Artobservationer: skarv, svan, skäggdopping, mink, fiskmåsar/trutar, skrattmås.

**L2:** Sol klart-halvkliart. Plötsliga vindbyar, blåsigt, svalare än L1. Is på väg att tina men mycket kvar, provtagning där det fanns öppning i isen. Artobservationer: häger, mer fiskmåsar/trutar.

**L3:** Sol, växlande molnighet. Mycket långgrund. Kraftigt påverkad botten, påväxtalger, "slam". Tog prover längst ut där jag inte kunde se botten. Artobservationer: Oerhört fågelrikt! Skarv ("skarvöar"), häger, fiskmåsar/trutar, storskrake, skäggdopping, svan, tofsvipa, fiskgjuse.

#### Provtagning 19 april

**L1:** Sol. Frisk vind. Mer strömt än förra veckan, strömt söderut. I övrigt rätt likt förra veckan. Artobservationer: storskrake.

**L2:** Sol. Sval frisk vind. Kallt men soligt. Is tinat. Artobservationer: svan.

**L3:** Sol. Något lugnare vind här. Lägre vatten än förra veckan. Artobservationer: färre fåglar överlag jämfört med förra veckan. Örn, skarv, tofsvipa.

#### Provtagning 25 april

**L1:** Regn, kallt. Strömt norrut. Lågt vatten.

**L2:** Mulet.

**L3:** Mulet. Stilla, knappt någon vind alls. Lågt vatten. Fågelrikt igen men ej som första veckan.

## 3.6 Tabell

I figur 1 syns provtagningsplatser från recipientkontrollprogrammet (U22, U18 samt U14b). Med recipientkontroll menas övervakning av ett område påverkat av till exempel utsläpp (Naturvårdsverket 2023). U22, U18 och U14b är relevanta i denna uppsats då det var data från dessa tre som kunde jämföras med mina egna prover. I tabell 2 nedan presenteras data från min provtagning jämfört med tidigare år. Det är denna data som ligger till grund för tidigare visade diagram. I tabellen kan vi till exempel utläsa Redfield-kvoten, temperatur och salthalt.

Tabell 2. Provtagningsdata för L1, L2 och L3 samt recipientkontrollprogrammets data från tidigare samt detta år. Observera att provtagningen vid U22, U18 och U14b från i år är samma som under min provtagning. Jag fick följa med Jakob Walve när han utförde provtagningar för SKVVF. Samtliga prover har tagits på 0 m djup.

Provtagnings- datum	Stationsnamn	Siktdjup (m)	Temperatur CTD (C)	Salinitet CTD (o/oo psu)	tot-P (µg/l)	tot-N (µg/l)	klorofyll a (µg/l)	ammoniumkväve (NH4-N) µg/l	fosfatfosfor PO4-P (µg/l)	silikatkiisel SiO4- Si (µg/l)	nitrit+nitratkväve		DIN/DIP (mol:mol)
											NO2+NO3-N (µg/l)	totN/totP (mol:mol)	
2021-04-15	U22	1,1	6,2	3,24	62,3	1263	18,3	80	2,4	3203	167	279	45
2022-04-20	U22	0,7	9,1	3,13	69,2	1314	36,6	25	2,0	3235	72	118	42
2023-04-25	U22	0,95	8,0	2,87	68,1	1454	38,1	315	1,4	3904	52	1283	47
2021-04-15	U18	1,9	6,0	4,14	35,2	693	16,2	2	2,1	1080	37	32	44
2022-04-20	U18	1,3	8,7	3,62	31,3	705	12,9	1	1,5	1526	23	29	50
2023-04-25	U18	1,8	7,7	3,61	45,7	803	19,0	18	2,4	1650	98	104	39
2021-04-15	U14b	3,4	5,4	4,70	18,1	394	5,5	1	0,5	406	0	16	48
2022-04-20	U14b	2,9	7,0	4,44	22,0	449	6,1	1	0,8	816	1	10	45
2023-04-25	U14b	2,9	4,6	4,59	18,9	423	8,1	3	0,6	605	13	53	49
2023-04-12	L1	1,15	5	2,80	32,0	1117	12,4	256	1,5		153	1056	77
2023-04-19	L1	1,1	7	1,80	35,5	962	12,1	138	1,2		109	766	60
2023-04-25	L1	1,1	6,4	3,86	55,6	1012	28,6	130	2,6	2399	83	307	40
2023-04-12	L2	1,5	4	0,34	19,6	717	4,4	14	1,9		216	216	81
2023-04-19	L2	0,9	8,6	2,66	34,1	901	8,8	105	1,7		156	479	58
2023-04-25	L2	1	7,9	3,49	48,4	847	20,1	14	2,1	1697	99	105	39
2023-04-12	L3	1,25	6,7	3,49	30,2	671	9,2	10	2,3		93	84	49
2023-04-19	L3	0,9	8,9	3,28	60,5	923	16,6	24	2,0		72	115	34
2023-04-25	L3	0,75	6,2	3,82	48,8	735	25,1	3,0	2,8	1253	33	23	33

## 4. Diskussion

Datainsamlingen bekräftar den låga ekologiska statusen i Östhammarsfjärdarna. De fysikalisk-kemiska värdena ligger i fas med halterna uppmätta 2021 och 2022 från stationer i närheten de som besöktes för uppsatsen, men diskuteras mer ingående nedan. Överlag har vattnet en mycket hög kvävehalt och en tidig algbloomning som startade direkt efter issmältningen. Närsaltproverna tyder även på låg syrehalt.

Resultaten visar en ökning av totalfosfor under provtagningsperioden medan totalkväve varierade. Närsalterna visar en minskning av ammoniumkväve samt nitrit- och nitratkväve. Det tillgängliga kvävet togs sannolikt upp av blomningen. Närsaltproverna pekar på låg syrehalt eftersom nitrit- och nitratkväve skulle öka om tillräckligt syre fanns tillgängligt, genom nitrifikation av bakteriella processer. Redfield-kvoten är högre än 16:1 och området är fosforbegränsat vilket är vanligt i sötvattensmiljöer.

Att issmältningen skedde så tätt inpå provtagningen vid L2 påverkade sannolikt salthalten. Eftersom isen består av mer sötvatten än bottenvattnet minskar salthalten i vattenmassan vartefter isen smälter. Salthalten kan också ha påverkats av strömriktningen. L1 och L3 hade lägre salthalt den 19:e april då vattnet strömmade söderut, ut från Granfjärden som har en något lägre salthalt än de andra fjärdarna.

Halten klorofyll steg generellt vilket markerar starten för säsongens algbloomning. Värdena vid L1 och L2 är lägre än vid U22 och U18 tidigare år. Att isen låg kvar vid den här tidpunkten fördröjde troligen växtplanktonblomningen vilket stöddes av de sammanfallande låga klorofyllhalterna samt höga siktdjupet. Det sistnämnda kan särskilt ha påverkats vid L1 på grund av att vattnet där är strömt och rör upp sediment.

Jag ville undersöka om analyser av plankton indikerar vattenkvalitet på samma sätt som kemiska och övriga analyser. I efterhand kan jag konstatera att det var svårt att i förväg förstå vidden av vad det innebär att använda plankton som bioindikator. Kursen *biologisk mångfald i sötvatten* på SLU inspirerade mig att skriva min uppsats om plankton. Identifiering av plankton är dock ett arbete som är svårt att behärska på kandidatnivå. För att kunna använda plankton som indikator på vattenkvalitet krävs mer kunskap, tid och erfarenhet. De flesta plankton jag fann lyckades jag endast identifiera till exempelvis släkte. För att förstå vad de har för nisch behöver man, i flera fall än jag lyckades göra, identifiera ner till art. Planktongrupper kan fungera som indikator ifall de är väldigt konkreta och

välkända i sin nisch men ofta är det inte tillräckligt. Kemisk provtagning är ett effektivt sätt att förstå vattenkvalitet vilket säkert är en stor anledning till varför dessa metoder används.

Med det sagt kan det ändå vara intressant att diskutera några av planktonfynden. Släktet *Monoraphidium* trivs speciellt i eutrofa vatten och man finner dem ofta i bräckt vatten (Tikkanen 1992) vilket passar in på Östhammarfjärdarnas miljö. Vissa av de kiselalger eller grönalger som var så lika varandra ("kedjor & boxar") är vanligt förekommande på höst och/eller vår i näringsrika vatten. Några av dem färgar vattnet brunt (Sandhall 2001). Andra identifieringar passade inte in på miljön som jag förväntade, t ex. "koloni 1" kan vara *Merismopedia glauca* men de beskrivs som fastsittande, vilket väcker frågan om siktskivan rörde upp plankton från den grunda botten trots att vattenproverna togs innan, eller en bit ifrån eventuellt upprört vatten. Kanske hör "guldalgs koloni" möjligtvis till släktet *Synura*, deras habitat är ofta dammar och små sjöar. Identifieringen jag utförde kan inte säga något konkret men påvisar i vissa fall korrelation med de kemiska analyserna.

Andra svårigheter var exempelvis mätningen av siktdjupet eftersom den utfördes från land. Vid vissa platser var det så grunt att siktdjupsskivan slog i botten. Vidare påverkade solinstrålningen hur mycket ljus skivan reflekterade upp och därmed också hur djupt ner man kunde se den. Detta var anledningen till varför siktdjupet om möjligt togs i skuggan men vid till exempel L2 den 12 april var den enda möjliga provtagningsplatsen en solbelyst öppning i isen.

Vattenprover tas ofta under sommaren för att kontrollera hur algblomningen ligger till. Då denna kandidatuppsats sträcker sig fram till början av juni var fördelen att det var intressant att se vattenanalysernas resultat – hade algblomningen ens hunnit komma igång? Nackdelen var däremot att få provtagningar hade utförts kring samma datum. För att utföra en mer grundlig studie hade en större mängd jämförbara data varit fördelaktigt, samt en längre periods provtagning för att kunna se variation över tid.

På grund av mina svårigheter under planktonidentifieringen diskuterade jag alternativa lösningar med vänner i olika branscher. Ett par av dem kom med förslaget att AI skulle kunna användas för att effektivisera arbetet. Jag fann sedan att denna idé redan är på väg att realiseras. I en studie från mars 2023 diskuteras tekniker för att genom automatisk bildbehandling klassificera plankton (Sosa-Trejo 2023).

För framtiden ser jag att SKVVF:s arbete är fortsatt viktigt. Ju mer data, kunskap och engagemang som skapas desto mer drivkraft finns det till positiv förändring. Jag ser därför även att det är viktigt att öka intresset för vattenmiljön hos lokalbefolkningen. Ett sådant initiativ har tagits från och med 2017 i form av Östhammarsfjärdens dag, då både skolelever och allmänheten får en chans att lära sig om områdets vatten och miljö (Östhammars kommun 2021).

## Referenser

- Andersson, C. (2021). Östhammarsfjärdarna – några nedslag i historiken.  
<https://www.osthammar.se/globalassets/dokument/information/2021-09-01-osthammarsfjardarna---nagra-nedslag-i-historiken.pdf> [2023-05-16]
- Ekologgruppen Landskrona AB (2013). Förklaring av kemiska/fysikaliska parametrar inom vattenkontrollen i Saxån-Braån. [http://blog.saxan-braan.se/wp-content/uploads/2015/01/forklaring\\_av\\_parametrar.pdf](http://blog.saxan-braan.se/wp-content/uploads/2015/01/forklaring_av_parametrar.pdf) [2023-06-02]
- Eniro (2023). Östhammar. [Kartografiskt material]  
<https://kartor.eniro.se/?c=60.170208,18.411713&z=10&fs=true> [2023-05-12]
- Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2000/60/EG av den 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område (EUT L 327/1, 22.12.2000, 1-72). [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0011.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0011.02/DOC_1&format=PDF)
- Havet.nu (2023). Övergödning. <https://www.havet.nu/overgodning-> [2023-05-12]
- Havs- och vattenmyndigheten (2019). Algblomning.  
<https://www.havochvatten.se/miljopaverkan-och-atgarder/miljopaverkan/overgodning/algblomning.html> [2023-07-03]
- Havs- och vattenmyndigheten (2023). Handbok för åtgärder mot internbelastning. (Rapport 2023:03). Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten.  
<https://www.havochvatten.se/download/18.45dadb23187872f3a4f26682/1681804152319/rapport-2023-3-handbok-for-atg%C3%A4rder-mot-internbelastning.pdf>
- HELCOM 2023. Guidelines for monitoring of phytoplankton species composition and biomass. Produced by the HELCOM working group STATECON. 21 pp.
- Huser, B., Köhler, S. (2018). Aluminiumbehandling av bottensediment i sjöarna Växjösjön och Södra Bergundasjön. (2018:14). Uppsala: SLU.  
[https://pub.epsilon.slu.se/15893/11/huser\\_b\\_kohler\\_s\\_190211.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/15893/11/huser_b_kohler_s_190211.pdf)
- Huser, B. (2023). Internbelastning - det dolda övergödningssproblemet.  
<https://www.slu.se/ew-nyheter/2023/4/internbelastning---det-dolda-overgodningsproblemet/> [2023-05-29]
- Kumblad, L., Rydin, E. (2018). Effektiva åtgärder mot övergödning – en berättelse om att återfå god ekologisk status i kustområden. Stockholm: BalticSea2020  
[https://balticsea2020.org/images/Bilagor/BalticSea2020\\_Bjrnfjrden\\_Vitbok\\_96dpi.pdf](https://balticsea2020.org/images/Bilagor/BalticSea2020_Bjrnfjrden_Vitbok_96dpi.pdf)
- Naturvårdsverket (2023). Miljöövervakning genom recipientkontroll.  
<https://www.naturvardsverket.se/om->

- miljoarbetet/miljoovervakning/miljoovervakningsdata-genom-andra-  
verksamheter/recipientkontroll/ [2023-05-30]
- Olenina, I. et al 2010: Assessing impacts of invasive phytoplankton: The Baltic Sea case.  
– Mar. Poll. Bull. 60(10): 1691-1700.
- Redfield, A.C. (1934) On the Proportions of Organic Derivatives in Sea Water and Their  
Relation to the Composition of Plankton. James Johnstone Memorial Volume,  
University Press of Liverpool, 176-192.
- Rydin, E., Wänstrand, I. (2012). Fosforfällning i en brackvattenfjärd - en förstudie i  
Östhammarsfjärden. (1400-4712). Uppsala: Länsstyrelsen Uppsala.  
[https://viss.lansstyrelsen.se/ReferenceLibrary/51934/fosforfalning-i-en-  
brackvattenfjard.pdf](https://viss.lansstyrelsen.se/ReferenceLibrary/51934/fosforfalning-i-en-brackvattenfjard.pdf)
- Sandhall, Å (2001). Mikrobilder liv i damm och sjö. 2 uppl., Stockholm: Interpublishing.  
SMHI (2023a). Sharkweb. <https://sharkweb.smhi.se/hamta-data/>
- SMHI (2023b). Övergödning av havet.  
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceanografi/overgodning-av-havet-1.6006>  
[2023-07-02]
- Sosa-Trejo, D. et al. Vision-based techniques for automatic marine plankton  
classification. *Artif Intell Rev* (2023). [https://doi.org/10.1007/s10462-023-10456-  
w](https://doi.org/10.1007/s10462-023-10456-w)
- Svealands Kustvattenvårdsförbund (2023). Svealandskusten. (2000-9240). Stockholm:  
Svealands Kustvattenvårdsförbund. <https://www.skvvf.se/svealandskusten-2023/>
- Sveriges Vattenmiljö (u.å.). Minsta syrehalt.  
<https://www.sverigesvattenmiljo.se/undersoka-vattenmiljo/minsta-syrehalt>  
[2023-07-02]
- Sveriges Vattenmiljö (2023). Näringsämnen. [https://www.sverigesvattenmiljo.se/sa-mar-  
vara-vatten/2021/variabelgrupper/85/15/63](https://www.sverigesvattenmiljo.se/sa-mar-vara-vatten/2021/variabelgrupper/85/15/63) [2023-07-02]
- Tikkanen, T (1992). Växtplanktonflora. Solna: Statens naturvårdsverk.
- Utermöhl, H. 1958: Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik.  
Mitt int. Verein. theor. angew. Limnol. 9: 1-38.
- Vattenmyndigheterna (2023). Tillståndet i vattnet.  
<https://www.vattenmyndigheterna.se/vattenforvaltning/tillstandet-i-vattnet.html>  
[2023-05-25]
- VISS (2023). Näringspåverkan. [https://visshjalp.lansstyrelsen.se/detta-beskrivs-i-  
viss/miljokvalitetsnormer/ekologisk-status-och-potential/fysikalisk-kemiska-  
kvalitetsfaktorer/naringspaverkan/](https://visshjalp.lansstyrelsen.se/detta-beskrivs-i-viss/miljokvalitetsnormer/ekologisk-status-och-potential/fysikalisk-kemiska-kvalitetsfaktorer/naringspaverkan/) [2023-05-09]



# Tack

Jag vill framföra ett stort tack till min huvudhandledare Malin Olofsson som varit ett fantastiskt stöd genom hela arbetet. Särskilt hennes perspektiv på näringsnivåer och sammanställning av data var viktiga i denna uppsats.

Till Jakob Walve, min biträdande handledare, som lärt mig om provtagning och visat mig hur roligt data kan vara. Tack även för den minnesvärda och lärorika båtturen över Östhammarsfjärdarna.

Tack till Stina Drakare, min examinerare, för engagemang och konstruktiv feedback som utvecklade mitt skrivande och inspirerade mig i mina analyser.

Tack till personalen på miljöövervakningslabbet för er tid och expertis. Med er hjälp identifierades många plankton som annars skulle förbli namnlösa. Tyvärr presenterades endast få av dem i den här uppsatsen men under arbetets gång glädde det mig mycket att känna till namnen även på de mer ovanliga arterna.

Till Emelie Sabrie, min opponenter, för tänkvärda diskussioner och överblick när arbetet var tungt för oss båda.

Jag vill även tacka min familj och vänner som gav mig friska perspektiv, korrekturläsning och glada tillrop när jag som mest behövde dem.

Ludvig Junehag, Martin Westerling och Philip David, utan er hade det aldrig gått. Vi klarade det!

# Bilaga 1

Metodförteckning 2023-02-24 (rev. 30) enligt Kvalitetsmanual, Marinekologiska laboratoriet, Institutionen för Ekologi, Miljö och Botanik, Stockholms universitet.

Mätstorhet	Metod	Mätprincip	Prov-typ	Mätosäkerhet (utvidgad mätosäkerhet täckningsfaktor k=2)	Mätområde
Ammoniumkväve	Grasshoff et al. (1999) modifierad för Alpkem SFA.	SFA (Segmented Flow Analysis), bestämning av bildat indofenolblått.	1:1, 1:3	<3 µg/l: 0.5 µg/l 3-30 µg/l: 1.7 µg/l >30 µg/l: 5 %	0.5-2500 µg/l
Fosfatfosfor	SS-EN ISO 15681-2:2018 modifierad för Alpkem SFA.	SFA, bestämning av bildat antimonfosfomolybdenblått, (reduktion med askorbinsyra).	1:1, 1:3	<2 µg/l: 0.5 µg/l 2-25 µg/l: 1.0 µg/l >25 µg/l: 5 %	0.5-500 µg/l
Fosfor, totalt (vattenprover)	SS-EN ISO 15681-2:2018 modifierad för Alpkem SFA. Egen kombimetod N+P (980119), (Valderrama 1981, mod.).	SFA, bestämning av bildat antimonfosfomolybdenblått efter persulfatuppslutning.	1:1, 1:3	<25 µg/l: 2.0 µg/l ≥25 µg/l: 7 %	2-500 µg/l

Klorofyll a, c och pheopigment	HELCOM, Guidelines for monitoring of chlorophyll a (modifierad).	Spektrofotometrisk bestämning efter extraktion med etanol.	1:1, 1:3	<2 µg/l: 0.5 µg/l ≥2 µg/l: 35 %	≥0.5 µg/l
Kväve, totalt (vattenprover)	SS-EN ISO 11905-1:1998 modifierad för Alpkem SFA. Egen kombimetod N+P (980119) (Valderrama 1981, mod.).	SFA, bestämning av bildat nitrit/nitrat-kväve efter persulfat-uppslutning.	1:1, 1:3	9 %	10-2000 µg/l
Nitrit+nitratkväve	SS-EN ISO 13395:1996 modifierad för Alpkem SFA.	SFA, reducering av nitrat till nitrit i Cd/Cu-reduktor. Bestämning av nitrit efter bildandet av ett azo-färgämne.	1:1, 1:3	<2 µg/l: 0.3 µg/l 2-20 µg/l: 1.3 µg/l >20 µg/l: 4 %	0.3-1600 µg/l
pH	SS-EN ISO 10523:2012, (modifierad)	pH-elektrod	1:1, 1:3	0.2	4-10
Provtagning vatten	SS-EN ISO 5667-6:2014 SS-EN ISO 5667-9:1992 HELCOM, Manual for Marine Monitoring in the COMBINE Programme of HELCOM, Annex B-5, (modifierade)		1:1, 1:3		
Salinitet (CTD)	HELCOM, Guidelines for determination of salinity and temperature using CTD (modifierad). Samt enl respektive CTD-manual (Sea & Sun Technology): - User manual. CTD 90M-Probe Version 6 22.06.2010 och version 2011-06-22. - CTD48M Memory probe. Manual and operating instructions. Version 5, April 2006. - CTD48M-O <sub>2</sub> Memory Probe Version 6, January 2007.	In situ mätning med CTD-sond	1:1, 1:3	0.04 psu (*)	2-42 psu

Salinitet (Salinometer)	Enl. User manual MS-310e Micro-Salinometer April 2010	Salinometer	1:1, 1:3	0.04 psu	2-42 psu
Siktdjup	Havs- och vattenmyndighetens handledning för miljöövervakning, undersökningstyp: siktdjup, ver. 1.2, 2016-09-16.	Secchi-skiva	1:1, 1:3	20 % (*)	0.1 - 40 m
Silikatisel	Grasshoff et al. (1999) modifierad för Alpkem SFA.	SFA, bestämning av bildat kisel-molybdenkomplex, reducerat med askorbinsyra.	1:1	<60 µg/l: 2.5 µg/l ≥60 µg/l: 4 %	2.5-14000 µg/l
			1:3	<60 µg/l: 2.5 µg/l ≥60 µg/l: 4 %	2.5-4000 µg/l
Svavelväte	Enl. Methods of Seawater Analysis (Grasshoff et al) 1983	Spektrofotometrisk bestämning av bildat metylenblått.	1:1, 1:3	<0.2 mg/l: 0.1 mg/l ≥0.2 mg/l: 12 %	0.1-2.2 mg/l
Syre, syresond	- User calibration for JFE RINKO III oxygen sensor 2009-08-11 - User's Manual: Optical Dissolved Oxygen Sensor (Sea & Sun Marine Tech), Rev. 01, 2013-11-05	Optisk sensor	1:1, 1:3	0.7 mg/l	0.7-18 mg/l

Temperatur (CTD)	HELCOM, Guidelines for determination of salinity and temperature using CTD (modifierad). Samt enl. respektive CTD-manual (Sea & Sun Technology): - User manual. CTD 90M-Probe Version 6 22.06.2010 och version 2011-06-22. - CTD48M Memory probe. Manual and operating instructions. Version 5, April 2006. - CTD48M-O2 Memory Probe Version 6, January 2007.	In situ mätning med CTD-sond	1:1, 1:3	0.04 °C (*)	-2 - 36 °C
------------------	---	------------------------------	----------	-------------	------------

Den redovisade mätosäkerheten är en utvidgad mätosäkerhet med täckningsfaktor  $k=2$  vilket ungefär motsvarar 95% konfidensintervall, beräknad enligt Handbok för beräkning av mätosäkerhet vid miljölaboratorier SP rapport 2015:74 (översättning av NORDTEST rapporten TR 537) tillsammans med programvaran MUKit software.

(\*) Den redovisade mätosäkerheten är en utvidgad mätosäkerhet med täckningsfaktor  $k=2$  vilket ungefär motsvarar 95% konfidensintervall, beräknad enligt Eurachem/CITAC Guide, Quantifying uncertainty in analytical measurement (2<sup>nd</sup> Ed, 2000)

Provtyp; 1:1 sötvatten, 1:3 brack- och havsvatten, 10:4 slam/sediment.

Mätområde = analyserbart haltområde utan spädning.

## Ej ackrediterade metoder

Mätstorhet	Metod	Mätprincip	Prov-typ	Mätosäkerhet (*) (utvidgad mätosäkerhet täckningsfaktor k=2)	Mätområde
CDOM	Kirk, J.T.O (2011). Light and photosynthesis in aquatic ecosystems. 3 <sup>rd</sup> Ed. Cambridge, UK, New York: Cambridge University Press.	Spektrofotometrisk bestämning av CDOM (färgat löst organiskt material).	1:1, 1:3	Metoden för närvarande ej ackrediterad	Under utredning
Turbiditet	SS-EN ISO 7027-1:2016 Vattenundersökningar – Bestämning av turbiditet. Del 1: Kvantitativa metoder. User manual Hach Lange 2100Qis Portable Turbidimeter.	Vattnets turbiditet mäts enligt ISO 7027 med en bärbar turbiditetsmätare (Hach Lange 2100Qis). Instrumentet har en lysdiod som emitterar nära infrarött ljus (860 nm) och mäter ljusets spridning som orsakas av provvattnets suspenderade material.	1:1, 1:3	Metoden för närvarande ej ackrediterad	Under utredning

Provtyp; 1:1 sötvatten, 1:3 brack och havsvatten, 10:4 slam/sediment.

Mätområde = analyserbart haltområde utan spädning.

## Bilaga 2

Instruktion för  
Laboratoriet Marinekologi  
Systemekologiska institutionen  
Stockholms universitet

Utgiven: 121009 av JA

Uppdaterad: 210615 JW  
Godkänd av:

### Anvisningar för provtagning av lösta närsalter (med infrysning)

OBS! Det är väldigt lätt att kontaminera proverna. Handskar bör användas. Var extra vaksam över var ni lägger spruta med filter mellan stationerna. Byt filter om ni tror att den har kommit åt något kontaminerande eller ta med en sprutflaska med dest vatten och sköj spetsen.

*Samples are easily contaminated. Wear gloves. Be careful not to touch the tip of the filter.*

- Blötlägg filter genom att skruva på ett antal filter på sprutan och tryck igenom lite vatten. Det är lättast att trycka igenom lite vatten efter man satt på varje filter. Låt ligga minst 30 minuter.  
*Soak filters with MQ-water by attaching filters to the syringe and pressing some water into the filters. Let soak for at least 30 min.*
- Skölj filtren genom att trycka igenom resterande vatten ur sprutan (ca 50ml). Låt sedan alla filter utom det som ska användas sitta kvar på sprutan och använd en ny spruta för provtagning. Samma filter kan användas till flera stationer, byt när motståndet ökar. *Rinse the filters by pressing remaining water through the filter.*
- Skölj sprutan med provvatten (ta av filtret, dra isär sprutan, skruva på filtret, skölj). Fyll sedan sprutan med provvatten, montera ihop den, och tryck igenom några milliliter provvatten för att skölja filtret. *Rinse the syringe with sample water (remove the filter, detach the piston of the syringe, attach the filter again, and rinse with some sample water). Then fill the syringe with sample water, attach the piston, and press and discard ca 10 ml of filtered water in order to rinse the filter with sample water.*
- Töm provrören på avjonat vatten och skölj dem genom att fylla upp med ca 3 cm filterat provvatten från sprutan. Var noga med att skaka ur vattnet ur rören samt locken! *Empty the sample tubes of MQ-water, add 3cm of filtered sample water to rinse the tube and discard the rinsing water. Also shake lids to remove any remaining MQ-water.*
- Fyll provrören till strecket under gängorna (1 cm under gängorna) med filterat provvatten från sprutan och skruva åt locket ordentligt. *Fill the tubes up to max the marking below screwthread with filtered sample water and attach the lids so they are tight.*
- Förvara provrören svalt och mörkt efter provtagning. Proverna får ej stå i solen. Efter provtagning fryses rören stående i provställ. *Keep samples cool and dark.*

# Bilaga 3

Metod: Klorofyll i vatten, extraktion med etanol  
Marineekologiska laboratoriet  
Institutionen för ekologi, miljö och botanik  
Stockholms universitet

Utgiven: 2010-01-18 av JA, AS  
Uppdaterad: 2021-05-24 av IH, RH  
Godkänd av: RH

## Bestämning av klorofyll i vatten Extraktion med etanol – spektrofotometrisk metod

### INNEHÅLL

1. Orientering
2. Princip
3. Tillämpning och omfattning
4. Känslighet och precision
5. Säkerhet
6. Utrustning
7. Kemikalier och lösningar
8. Provbehandling
9. Kalibrering
10. Kvalitetskontroll
11. Analys
12. Utvärdering och beräkningar
13. Störningar
14. Skillnader mot standard

#### 1. ORIENTERING

Klorofyllhalten i vatten är ett mått på den totala växtbiomassan. Metoden bygger på HELCOMS etanolmetod (Guidelines for monitoring of chlorophyll *a*, 2017). Extraktionens effektivitet kan variera med val av lösningsmedel beroende på provets sammansättning av algarter.

#### 2. PRINCIP

Klorofyllprover extraheras med etanol och absorbansen på lösningen mäts vid 750, 664, 647 och 630 nm. Absorbansen vid 750 nm används som korrektion för övriga då klorofyll har låg absorbans i detta område. Övriga våglängder motsvarar absorbanstoppar för klorofyll *a*, klorofyll *b* samt klorofyll *c*.



### 3. TILLÄMPNING OCH OMFATTNING

Metoden är avsedd för vattenprover som filtrerats på ett GF/F-filter (47 mm i diameter).

### 4. KÄNSLIGHET OCH PRECISION

Metodens osäkerhet är beräknad enligt Handbok för beräkning av mätosäkerhet vid miljölaboratorier SP Rapport 2015:74 (översättning av NORDTEST rapporten TR 537) tillsammans med programvaran MUKit software. Den redovisade mätosäkerheten är uttryckt som en utvidgad mätosäkerhet (täckningsfaktor  $k=2$ ) vilket ungefär motsvarar 95 % konfidensintervall. Metodens mätområde är  $\geq 0.5 \mu\text{g/l}$  och aktuell mätosäkerhet återfinns i Kvalitetsmanualens Bilaga 2. Metodlista.

### 5. SÄKERHET

Hantering av reagens och kemikalier skall alltid ske med försiktighet oavsett om det finns kända risker med dessa eller ej.

Skyddsglasögon ska användas vid fyllning av rör med etanol och vid arbete med absorptionsmätning med spektrofotometer.

### 6. UTRUSTNING

**6.1 Provflaskor.** Polyetylen 2 respektive 1 liter.

**6.2 Filtrерutrustning.** Plaströr med borrade hål för filtreringsutrustning kopplad till en sugejektor.

**6.3 Filtrерapparat för vakuumfiltrering.** Filterstöd är ett teflonbelagt metallnät, filterkolv 250 ml i glas, mellanstycke med gummipropp samt gummilock med hål (Schleicher & Schuell). Till hålet kopplas en plastslang i PVC.

**6.4 Glasfiberfilter.** Whatman GF/F, 47 mm i diameter.

**6.5 Centrifugrör med lock.** Glas.

**6.6 Dispenser.** 10 ml. Används för dosering av etanol (7.1.)

**6.7 Centrifug.** Hettich Zentrifugen, Rotina 35.

**6.8 Spektrofotometer.** Hitachi U-2000.

**6.9 Kyvett.** Glas 5 cm.

**6.10 Glasspruta.** 5 ml, Fortuna Optima.

### 7. KEMIKALIER OCH LÖSNINGAR

Alla kemikalier är av analyskvalitet (p.a.) eller motsvarande.

**7.1** Etanol 95 %

**7.2** Laboratoriereferensmaterial (LRM). Infrys klorofyllextrakt.

*Tillverkning: Lägga en knippe persilja i 50 ml etanol. Låt stå i två dygn, filtrera därefter blandningen och spara extraktet. Späd 20 ml extrakt till 500 ml etanol. Kontrollera blandningens koncentration på spektrofotometern. Om koncentrationen är för hög, späd med mer etanol tills lämplig koncentration erhålls. Om istället koncentrationen är för låg, tillsätt mer extrakt tills lämplig koncentration erhålls. Då önskad koncentration har uppnåtts, fyll blandningen på provrör med 10 ml i vardera rör. Märk provrörstället med namn på batchen och förvara rören i frys.*

## **8. PROVBEHANDLING**

### **Provtagning**

Provmängden anpassas till provtagningsområdets siktdjup. Vid provtagningar över större områden med stor variation anpassas provmängden efter siktdjupet så att vid siktdjup över 5m tas 2 liter annars 1 liter.

Om provet inte filtreras direkt efter provtagning ska det förvaras mörkt och svalt fram till filtrering som skall ske så snabbt som möjligt inom 24 tim.

### **Filtrering**

Filtrering och provhantering ska ske i dämpad belysning. Vid filtreringen bör undertrycket inte överskrida 30 kPa (ca 0.3 atm).

Provflaskan skakas före filtrering. Provmängden bör om möjligt anpassas så att filtreringen inte tar mer än 30 min, om filtreringstiden är längre antecknas filtreringstiden. Det är också viktigt att från början försöka anpassa provmängden så att allt vatten går genom filtret så att man inte behöver avbryta filtreringen genom att suga bort/hålla bort vatten som finns i filtertratten. Går filtreringen trögt bör man efter 30 min föra över kvarvarande vatten till nytt filter i stället för att avbryta. Om detta inte går att undvika måste den mängd som inte gått genom filtret mätas och noteras. För havs- och brackvattenprover kan normalt hela provvolymen (1 eller 2 liter) filtreras men ibland måste en mindre mängd filtreras om provet är mycket grumligt. För sötvattenprover är det vanligt att man måste filtrera mindre än 1 liter.

Efter filtrering viks filtret ihop med algerna inåt och trycks 2 sekunder mellan torrt dubbelt torkpapper (Torky), vilket upprepas ytterligare två gånger med torrt papper, för att få bort överflödigt vatten. Denna torkprocedur är standardiserad för att få en enhetlig volym kvarvarande vatten i filtret.

Djupa flikar klipps därefter i det vikta filtret och separerade flikar läggs i ett glasrör med 10 ml etanol. Provröret förses med lock, skakas och kontrolleras så att filterbitarna ligger i etanolen. Rören är förmärkta, antingen med station och provdjup alternativt ett löpnummer med tillhörande provlista. Provrören förvaras i frys (-20°C) fram till analys, dock högst i 3 månader.

### **Extraktion**

Innan analys ska proverna stå mörkt 6-24 timmar i rumstemperatur. Rören skakas kraftigt minst tre gånger under extraktionstiden samt före centrifugering.

## **9. KALIBRERING**

Vid varje analystillfälle görs en baslinjekalibrering samt en våglängdskontroll. För detta finns ett inbyggt testprogram, se Instruktion för mätning av klorofyll och spektrofotometerns manual.

## 10. KVALITETSKONTROLL

Dubbelprover tas ut i samband med provtagningarna. Dessa är normalt från samma vattenhämtare där provvattnet blandats noga genom att hämtarna vänds fram och tillbaka flera gånger eller från ett integrerat prov (slangprov) som blandas noga i en hink.

Som kontroll av våglängden på spektrofotometern analyseras en testkyvett. Dess absorbansmaximum antecknas och värdet ska ligga inom intervallet 793.6-794.6 nm.

Laboratoriereferensmaterial (LRM) analyseras vid varje analystillfälle. LRM är klorofyll som extraherats med etanol och förvaras i provrör i frys.

## 11. ANALYS

Proverna centrifugeras 10 minuter vid 2950 rpm (utan lock men med parafilm). Efter centrifugering kontrolleras att filterbitar inte fastnat ovanför etanolen längs med kanten av röret. Om filterbitar sitter längs kanten måste röret centrifugeras om.

Referenskyvetten fylls med etanol (7.1) och ett lock placeras på kyvetten. Innan analys nollställs spektrofotometern med etanol i provkyvetten och sedan fylls kyvetten med en sprutvolym av provet. Absorbansen mäts vid 750, 664, 647 och 630 nm.

Mellan varje prov sköljs kyvetten en gång med etanol och en gång med 1 ml prov. Efter prov med hög absorbans (>0.5 vid 664 nm) sköljs tre gånger med etanol. Om absorbansen vid 750 nm är >0.03 måste provet centrifugeras om, om absorbansen vid 664 nm >0.8 måste provet spädas. Provet späds 1:2 (50 %) med etanol i en glasbägare. Se Instruktion för mätning av klorofyll.

## 12. UTVÄRDERING OCH BERÄKNINGAR

Vid beräkningen av mängden klorofyll används Jeffrey & Humphreys ekvationer (1975). De erhållna resultaten inkluderar klorofylllets nedbrytningsprodukter, pheopigment.

$$\text{Klorofyll a} = ((11.85 * (A_{664} - A_{750}) - 1.54 * (A_{647} - A_{750}) - 0.08 * (A_{630} - A_{750})) * V_e) / (L * V_f)$$

$$\text{Klorofyll b} = ((-5.43 * (A_{664} - A_{750}) + 21.03 * (A_{647} - A_{750}) - 2.66 * (A_{630} - A_{750})) * V_e) / (L * V_f)$$

$$\text{Klorofyll c} = ((-1.67 * (A_{664} - A_{750}) - 7.60 * (A_{647} - A_{750}) + 24.52 * (A_{630} - A_{750})) * V_e) / (L * V_f)$$

L = kyvettlängd cm

V<sub>e</sub> = extraktets volym i ml

V<sub>f</sub> = filtrerad volym i liter

De erhållna resultaten är i µg/l, vilket motsvarar mg/m<sup>3</sup>

Extraktets volym V<sub>e</sub> är i normalfallet 10.46 ml (10 ml tillsatt etanol + volymen vatten i filtret, bestämd till 0.46 ml). I fall då prover är filtrerade av extern leverantör vägs filtret för bestämning av vattenhalt eller så tillsätts etanol för att erhålla totalvolym på 10 ml. Torrvikten för 47 mm GF/F på 0.132 g subtraheras från viktbestämningen för att erhålla volymen vatten. Vid spädning 1:2 multipliceras volymen extrakt med en faktor 2.

### 13. STÖRNINGAR

Klorofyll från vissa bakterier kan störa mätningarna. Gröna svavelbakterier som kan förekomma i gränzonen mot anaerobt vatten kan ge felaktiga värden i området 600-700 nm. Onormalt höga absorptionsvärden vid 750 nm kan orsakas av gröna svavelbakteriers eller purpurbakteriers klorofyll.

### 14. Skillnader i metoden jämfört med HELCOM (2017)

- 95 % etanol används stället för 96 % etanol.
- Proverna filtreras inom 24 timmar jämfört med direkt enl. HELCOMs riktlinje för Shipbased monitoring. Vi filtrerar dock i normalfallet direkt vid provtagning från stort fartyg, men ej vid provtagning med mindre båt. Vi följer då HELCOMs riktlinje för automatisk provtagning då filtrering inte kan ske direkt. Flaskan skakas ordentligt före filtrering.
- HELCOM använder det enkla förhållandet 
$$\text{Klorofyll } a = (1000 * V_e * (A_{665} - A_{750})) / (83 * V_f * L)$$
 med beteckningar enl. ovan. Vi har valt att använda samma beräkningsmodell som vi använt hittills för att få bättre jämförelse med acetonmetoden och därmed enhetlig beräkning i hela tidsserierna. HELCOM:s ekvation ger oftast 5-6 % högre resultat än Jeffrey & Humphreys (1975) ekvation som vi använder.

### Referenser

HELCOM (2017). Guidelines for monitoring of chlorophyll *a*.

Jeffrey, SW, Humphreys, GF (1975). Biochem. Physiol. Pflanzen Volume 167, Issue 2: 191-194.

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.