



Fokus på Mälaren 2023

Sammanfattande resultat från miljöövervakning och forskningsprojekt knutna till samarbetet mellan SLU och Mälarens vattenvårdsförbund

Stina Drakare, Karin Wallman, Faruk Djodjic, Joel Segersten

Fokus på Mälaren 2023

Stina Drakare, <https://orcid.org/0000-0002-7389-2105>, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för vatten och miljö,

Karin Wallman, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö,

Faruk Djodjic, <https://orcid.org/0000-0002-2172-242X>, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för vatten och miljö,

Joel Segersten, <https://orcid.org/0009-0005-5656-7211>, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för vatten och miljö

Utgivare:	Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö
Utgivningsår:	2024
Utgivningsort:	Uppsala
Omslagsbild:	På väg in mot centrala Stockholm. Foto: Joel Segersten, SLU
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Serietitel:	Rapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö

© 2024 (Drakare, Wallman, Djodjic & Segersten)

Detta verk är licensierat under CC BY 4.0, andra licenser eller upphovsrätt kan gälla för illustrationer.

Sammanfattning

Nu har Sveriges lantbruksuniversitet och Mälarens vattenvårdsförbund samarbetat i sex år med fokus på Mälaren. Under 2023 har vi haft tre Mälarinariet och ett tvådagars Mälarseminarium som samlade ca 90 deltagare. Årets rapport skiljer sig från tidigare årsrapporter i och med att det även ingår analyser av långa tidsserier för de parametrar som mätts sedan miljöövervakningen i Mälaren började 1964.

Året kännetecknades av en mycket nederbördsrik högsommar som höjde Mälarens vattenyta med 30 cm på kort tid. Årets statusbedömningar domineras av stationer med måttlig status, 17, medan de med god status endast är 4. Med den sammanlagda bedömningen för 2017–2023, en förvaltningscykel på sex år blir det 5 stationer med dålig status, 11 med otillfredsställande status, 17 med måttlig status och ingen station med god status. Det är ofta syrgas som drar ner statusen. Detta är en sämre status som helhet än tidigare publicerade bedömningar i VISS och kan delvis bero på att kunskapen om förhållandena i vattenförekomsterna har blivit bättre. Det kan också bero på att ett varmare klimat gör att effekten av övergödning blir starkare. Statusbedömningen som rapportens parametrar kopplar till är främst övergödning relaterade vilket visar att åtgärder måste fortsätta för att minska näringsbelastningen. I fullständig statusbedömning ingår även andra faktorer som till exempel fysisk påverkan som hydrologi samt miljögifter. Dessa ingår i nuläget inte i övervakningsprogrammet.

Analyserna av långa tidsserier för 11 av de 33 stationerna visar att Mälarens vatten blir varmare under sommarhalvåret. Bottenvattnet är tillräckligt svalt sommartid för kallvattensarter vid fem av de 11 undersökta stationerna men syrgashalterna minskar i bottenvattnet i september vid stationer som tidigare haft höga syrgashalter, som Södra Björkfjärden och Görväl. Av de vattenkemiska ämnen som övervakats under lång tid är det flera som varierar cykliskt med en period på flera år, troligtvis kopplat till nederbörds mängd, detta gäller konduktivitet, magnesium, kalcium, kalium, klorid och natrium. Just nu är dessa inne i en period med höga värden. Totalt sett har flera av dessa parametrar ändå ökat som helhet under de 59 åren. Näringsämnen har minskat vid flera av de 11 stationerna, det gäller både kväve och fosfor. Tyvärr syns inte samma minskning i växtplankton som kan anpassa sig till minskade halter samt att cyanobakterier gynnas av att vattnet blivit varmare. Bottenfaunan på de fyra stationer med långa tidsserier domineras av glattmaskar och antingen fjädermyggor eller vitmärslor. Oroande är att vitmärslorna på senare år minskat kraftigt vid två stationer utan att vi säkert vet orsaken.

När forskarna intervjuas om de forskningsprojekt som pågått under sexårsperioden bland annat för att föreslå vad MVVF kan bidra med så trycker de på det viktiga samarbetet mellan forskare och nätverket som MVVF utgör för att kunna ta fram kostnadseffektiva åtgärder för att få bort oönskade ämnen i dricksvatten samt hitta rätt åtgärder i det komplexa system som naturen är där en åtgärd kan vara både positiv och negativ när det är flera aspekter som ska tas hänsyn till som näringsretention, skyddad mångfald samt klimatnytta.

Rekommendationer från SLU inför framtiden vad gäller övervakning innefattar:

- att sluta mäta djupgradienter för temperatur och syrgas i augusti för de stationer som inte är temperaturskiktade,
- att börja mäta syrgas under is för de små grunda vikar som är egna vattenförekomster, delvis samma stationer som i punkten ovan.
- att provta även i oktober för de 11 stationerna för att få med höstomblandningen
- att provta bottenfauna i Prästfjärden eftersom det är en av få lokaler med bra förhållanden för kallvattensarter
- att lägga till litorala provtagningsstationer i östra Mälaren för mer kunskap om hur invasiva arter av bottenfauna sprider sig.

Abstract

The Swedish Agricultural University and Mälaren's Water Conservation Association (MVVF) have now collaborated for six years with focus on Lake Mälaren. During 2023, we have had three webinars and a two-day Lake Mälaren seminar that gathered around 90 participants. This year's report differs from previous annual reports in that it also includes time series analyzes for parameters that have been measured since environmental monitoring in Lake Mälaren began in 1964.

The year of 2023 was characterized by a very rainy summer which raised the water level of the lake by 30 cm in a short time. In 2023 the status assessments are dominated by stations with moderate status, 17, while those with good status are only 4. With the combined assessment for six years (2018 – 2023), there is no station with good status, 17 with moderate status, 11 with poor status and 5 with bad status. It is often oxygen that lowers the status. This is a worse status than previously published assessments in VISS. This status assessment is associated mainly to eutrophication problems, which means that measures must continue to reduce the nutrient load.

The analysis of long time series for 11 of the 33 stations show that Mälaren's water gets warmer during the summer months. The bottom water is cool enough for cold water species in summer at five of the 11 investigated stations, but the oxygen levels decrease with time in the bottom water in September at stations that previously had high oxygen levels, such as in Södra Björkfjärden and Görväln. Of the water chemistry parameters that have been monitored for a long time, there are several that vary cyclically with a period of several years, probably linked to the amount of precipitation. This applies to conductivity, magnesium, calcium, potassium, chloride and sodium. Right now, these are in a period of high values. Overall, several of these parameters have nevertheless increased during the 59 years. Nutrients, on the other hand, have decreased at several of the 11 stations, this applies to both nitrogen and phosphorus. Unfortunately, the same reduction is not seen in phytoplankton biomass, partly because cyanobacteria benefit from the water becoming warmer. The benthic fauna at the four stations with long time series is dominated by oligochaetes and either chironomids or amphipods. Worrying is that in recent years the amphipod *Monoporeia* have decreased sharply at two stations.

When the researchers are interviewed about the research projects that have taken place during the six-year period, to suggest what MVVF can contribute with, they emphasize the important collaboration between researchers and society by the network that MVVF forms in order to be able to for example develop cost-effective measures to remove unwanted substances in drinking water or find the right measures in the complex system that nature is where a measure can be both positive and negative when there are several aspects that must be taken into account such as nutrient retention, protected biodiversity and reductions in greenhouse gases.

Recommendations from SLU for the future regarding monitoring include:

- to stop measuring depth gradients for temperature and oxygen in August for the stations that are not temperature stratified,
- to start measuring oxygen under ice for the small shallow bays that are their own water bodies, partly the same stations as in the point above.
- to sample in October for the 11 stations to include the autumn turnover of water
- to sample benthic fauna in Prästfjärden because it is one of the few locations with good conditions for cold-water species
- to add littoral sampling stations in eastern Mälaren for more knowledge about how invasive species of benthic fauna are spreading.

Innehållsförteckning

Fokus på Mälaren 2023	2
1. Introduktion	8
2. Beskrivning av det pågående samarbetet under 2023	10
2.1 Kommunikation och spridning av resultat	10
2.2 Provtagning 2023	11
2.3 Plan för 2024	12
3. Resultat från provtagningsåret 2023	14
3.1 Väder och vind	14
3.2 Djupprofiler för syrgas- och temperatur	15
3.2.1 Stationer grundare än 8 m	15
3.2.2 Mellandjupa stationer, 8–15 m	16
3.2.3 Djupa stationer, över 15 meter	16
3.3 Näringsämnen	17
3.3.1 Fosfor	18
3.3.2 Kväve	20
3.3.3 Siktdjup	21
3.4 Växtplankton	22
3.4.1 Klorofyll a	22
3.4.2 Detaljerade växtplanktonanalyser	22
3.4.3 Statusklassning växtplankton	24
3.5 Djurplankton	26
3.6 Bottenfauna	27
3.7 Syntes från provtagningsår 2023 med statusbedömning	28
4. Samlad bedömning och jämförelse med tidigare bedömningar	31
5. Långtidstrender på 59 år	33
5.1 Temperatur och klimatförändring	34
5.2 Konduktivitet och utvalda joner	39
5.3 Vattenfärg	41
5.4 Alkaliniteten ökar	42
5.5 Näringsämnen har minskat	43
5.6 Växtplankton – trender i tolv och fem fjärdar	47

5.7	Bottenfauna – trender i fyra fjärdar	48
6.	Rekommendationer	51
7.	Forskningsprojekt.....	52
7.1	Jordbruksbäckar får högre biologisk mångfald med trädbevuxna kanter	52
7.2	Verktyg för att optimera våtmarkers placering i jordbrukslandskapet.....	53
7.3	Målen för minskad näringsbelastning nås bäst genom platsspecifika beslutsunderlag och långsiktigt åtgärdsarbete	54
7.4	Hur leran och fosfor hänger ihop från åker till sjö	54
7.5	Sjörestaurering genom att fälla fosfor med aluminium	55
7.6	Trots stor utspädning finns det organiska mikroföroreningar i Mälaren.....	56
7.7	Jakten på okända miljögifter	56
7.8	God vattenkvalitet från källa till kran en utmaning	57
7.9	Antibiotikaresistensgener vanliga i recipientvatten nedströms kommunala reningsverk i Mälaren.....	58
7.10	Senaste nytt från PFAS-forskningen	59
	Referenser.....	60
	Bilaga 1 Provplatser i Mälaren	61

1. Introduktion

Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) och Mälarens vattenvårdsförbund (MVVF) har sedan 2018 haft ett samarbete för att ha ett så stort utbyte som möjligt mellan forskning och samhällsintressen i och kring Mälaren. På SLU är det institutionen för vatten och miljö som utför miljöövervakningen och kopplar forskningsprojekt på SLU till frågeställningar som samarbetet identifierar i Mälarens avrinningsområde samt att vi berättar om ny forskning som kan vara av samhällsnytta i framtiden.

Enligt samarbetsavtalet ska vi vart sjätte år skriva en mer omfattande rapport inför rapportering till vattendirektivet. Det innebär att årets rapport förutom den vanliga rapporteringen av året som gått även innehåller:

- statusbedömningar av biologiska och fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorer samlat för de senaste sex åren samt jämförelser med två tidigare rapporteringars statusbedömningar från VISS.
- långtidstrender för relevanta fysikalisk-kemiska och biologiska variabler för de stationer som har längst tidsserier.
- en beskrivning av Mälaranknutna forskningsprojekt som varit aktiva under perioden 2018 – 2024 med utblick framåt. Här har vi låtit de inblandade forskarna från de projekt vi tidigare beskrivit få svara på frågor om resultaten från deras projekt i ett Mälarperspektiv.

Miljöövervakningen i Mälaren är en del av den nationella miljöövervakningen i sötvatten, delprogrammet stora sjöar, som omfattar Sveriges tre största sjöar: Väneren, Vättern och Mälaren. Programmet utförs med stöd av Havs- och vattenmyndigheten. MVVF medfinansierar miljöövervakningen via medlemsavgifterna.

MVVF är en ideell förening som syftar till ett bättre underlag för samhällsplanering och annan verksamhet av betydelse för miljöförhållandena i Mälaren, bland annat genom att se till att miljöövervakning sker. Vattenvårdsförbundets medlemmar är en blandning av representanter från 27 kommuner, fyra länsstyrelser, tre regioner, elva vattenorganisationer, tre myndigheter, åtta företag samt tio intresseorganisationer (källa: www.malaren.org).

Kontaktpersoner SLU, Institutionen för vatten och miljö:

Stina Drakare (projektledare), stina.drakare@slu.se, 018-67 31 02

Faruk Djodjic, faruk.djodjic@slu.se, 018-67 31 36

Kontaktperson MVVF:

Ingrid Hägermark (förbundschef), ingrid.hagermark@lansstyrelsen.se, 010-224 93 72

2. Beskrivning av det pågående samarbetet under 2023

2.1 Kommunikation och spridning av resultat

Vi fortsätter att använda **webbsidan** Fokus på Mälaren (www.slu.se/malaren) för att samla information om publikationer, snabbänkar till övervakningsdata från Miljödata-MVM på SLU, information om provtagningsstationerna, forskning samt de olika aktiviteter vi har inom samarbetet. Sidan har den mesta informationen även på engelska.

Under 2023 hade vi tre webinarier, s.k. **Mälarinari**er, 10 mars, 15 juni, 26 september. De spelas in och finns att se i efterhand via MVVF:s YouTube-kanal. I mars handlade det om grundvatten med Carola Lindeberg, SGU, i juni om kallvattensarter av fisk med Thomas Axenrot, SLU och Loa Andersson, Högskolan i Skövde (kandidatarbete) samt CyanoAlert-appen av Ingrid Hägermark, MVVF. I september om våtmarker i ett förändrat klimat av Pia Geranmayeh, SLU. Vi pratade också om den våta hösten med alla översvämningar samt att området med svinpest inte kan provtas.

Stina Drakare presenterade 2022 års Mälarrapport i samband med årsstämman den 12 maj i Stockholm.

Mälarseminarium 2023 hölls den 28–29 november med totalt 96 deltagare. I år var de två dagarna indelade på fyra teman: miljögifter, övergödning, konnektivitet och biologisk mångfald med kopplade diskussionspass. Presentationerna var följande:

Miljögifter:

- PFAS: källspårning och åtgärder – Lutz Ahrens, SLU
- Vilka miljögifter hittar vi i Mälaren? – Oksana Golovko, SLU
- Effektbaserade analyser av miljögifter – Elin Lavonen, BioCell Analytica
- Vad vet vi om förekomsten av bekämpningsmedel i vattenmiljön? – Mikaela Gönczi, SLU

- Källor till PFAS i Östra Mälarens vattenskyddsområde – Frida Ekman SVOA & Helen Ejhed, Norrvatten

Övergödning:

- Årets översvämningar – Faruk Djodjic, SLU
- Våtmarker för fördröjning, beredskap mot översvämning och övergödning – Viktor Kärvinge & Joakim Prabert, MVVF
- Algblomningsläget – Stina Drakare, SLU
- Åtgärder mot internbelastning – Brian Huser, SLU
- Utmaningar för åtgärdssamordnare – Magnus Ljung, SLU

Konnektivitet:

- Restaurering av skogliga våtmarker – möjligheter och risker – Marcus Wallin & Karin Eklöf, SLU
- Hur går det för aspen? – Johan Persson, Upplandsstiftelsen
- Hur hanterar vi alla vandringshinder utanför NAP:en? – Malin Kjellin, Sportfiskarna
- Vandringshinder i Mälarens avrinningsområde – Jonas Berglind, IP Rich Waters

Biologisk mångfald:

- Hur är läget för mångfalden i Mälaren? – Stina Drakare, SLU
- Invasiva småkräftor – Jennie Barthel Svedén, Länsstyrelsen i Stockholm
- Mystisk sjukdom hos sjögull? – Jennifer Anderson, SLU
- Bekämpningen av sjögull, Ingrid Hägermark, MVVF
- Nya direktiv och förordningar för biologisk mångfald – Stina Drakare, SLU
- Våga rapportera data till Artportalen! – Johan Liljebblad, SLU.

2.2 Provtagning 2023

Februari. Öppet vatten på Södra Björkfjärden (provtogs med mindre båt) och Prästfjärden (provtogs med hydrokopter). Övriga stationer hade tunn is, ca 5–15 cm, och provtogs med hydrokopter.

April. Kallt väder vid provtagningen som gjordes med Ancyclus II som sjösattes innan provtagning.

Maj. Uppehåll och relativt lugnt. Motorproblem dagarna innan provtagningen med både huvudmotor och elmotor avhjälpes precis i tid för avfärd.

Juli. Hårda vindar första dagen provtagningsdagen. Avfärden från Uppsala senarelades till senare på dagen då vindarna hade mojnät något.

Inför juliprovtagningen servades den elektriska vinschen som använts på Ancylus II i fem år. Vid utgången av 2023 hade vinschen dragit upp och hissat ner Limnoshämtare motsvarande en sträcka på mer än 20 km, fördelat på cirka 1000 individuella vinschningar vid provtagning av djurplankton. Vinschen hade också hissat upp och ner Ruttnerhämtare motsvarande en sträcka på mer än 10 km, fördelat på 240 individuella vattenprover. Vinschen har inneburit betydande tidsbesparing samt sparat på provtagningspersonalens armar och ryggar.

Vid **augustiprovtagningen** var det bra provtagningsväder första veckan. Det ihärdiga regnandet tidigare under juli medförde att sjöns vattennivå var ovanligt hög, följaktligen var den segelfria höjden under sjöns många broar ovanligt låg. Vid den låga Stäketbron, som vi vanligtvis kommer under med Ancylus II, behövde vi invänta broöppning flertalet gånger. För att komma in till Stora Ullfjärden fick vi tillfälligt montera av topplanteran på båten för att komma under bron vid Stora Ullfjärdens utlopp i Varpsund.

Vid **septemberprovtagningen** hade vi för årstiden mycket gynnsamt väder. Uppehåll och beskedliga vindar. Vid första provtagningsdagen var dock norra och östra Mälaren höljda i dimma ända fram till 13–14-tiden, och vi fick navigera med sänkt hastighet och lanternor tända från Uppsala ända ner till Södra Björkfjärden. Mälarens vattennivå var fortsatt hög efter sommarregnen. Stockholm hamnars vattennivåmätningar visade att sjöytan vid Hammarbyslussens var ca 30 cm högre vid provtagningen än innan regnandet började i juli. Nivån sjönk tillbaka först i slutet på september. Vi samlade in många extraprover för olika forskningsprojekt, bland annat extra bottenfaunaprover från Hovgårdsfjärden, Grönsöfjärden och Blacken för analys av glattmaskar. Den tunga bottenfaunaprovtagningen som alltid sker under hösten underlättades av att den så kallade Ekmanhämtaren kunde monteras på en ny och starkare elvinsch, som snabbt kan monteras och tas bort på Ancylus II när tyngre laster än vatten- och djurplanktonprov ska hämtas in.

2.3 Plan för 2024

Övervakningsprogrammet fortsätter som planerat, det ska utvärderas liksom att samarbetet ska utvärderas så att MVVF kan bestämma om och hur samarbetet ska fortsätta ytterligare en period.

2024 års Mälarianarium handlade om det nya våtmarksprojektet PaddleJump och hölls den 22 mars. Ett ytterligare tillfälle har planerats till i 26 september. Exakta tider och möteslänkar skickas till MVVF:s medlemmar via e-post, samt hittas på våra webbsidor.

Mälarseminarium 2024 kommer att hållas 27–28 november på SLU, Campus Ultuna i Uppsala.

SLU är med och planerar och kommer att delta på konferensen Klimatförändringens effekter på Mälaren den 11 oktober på Länsstyrelsen i Stockholm som anordnas av MVVF.

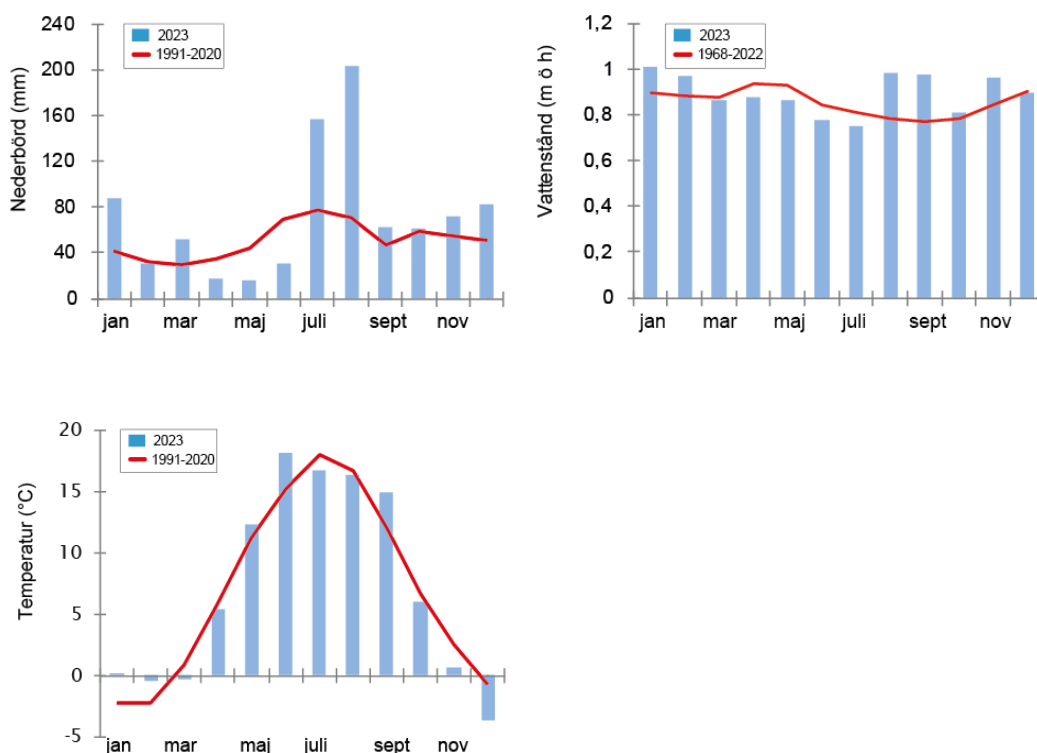


Provtagning i Södra Björkfjärden 16 februari 2023. Foto: Joel Segersten, SLU

3. Resultat från provtagningsåret 2023

3.1 Väder och vind

Året kännetecknades av en blöt inledning, en torr vår och försommar samt höga nederbördsmängder under juli och augusti (Figur 1). Nederbördsmängden i Västerås i augusti (203 mm) var den högsta uppmätta nederbörden sedan mätningarna startade 1901. Senaste rekordåret var 1951 med 201 mm. Vattenståndet påverkades av de höga nederbördsmängderna och framför allt i augusti och september var vattenståndet mycket högt för årstiden jämfört med medelvärdet för 1968–2022.



Figur 1. Månadsmedelvattenståndet i Mälaren vid Norrström 2023 jämfört mot normalvärden 1968–2022. Medeltemperatur och nederbördsmängd vid väderstationen i Västerås per månad 2023 jämfört mot normalvärden 1991–2020. Källa: SMHI:s väder och vatten.

I början av året 2023 var det mildt med en medeltemperatur runt noll grader i januari och februari (Figur 1). Juni månad var varmast och då låg temperaturen

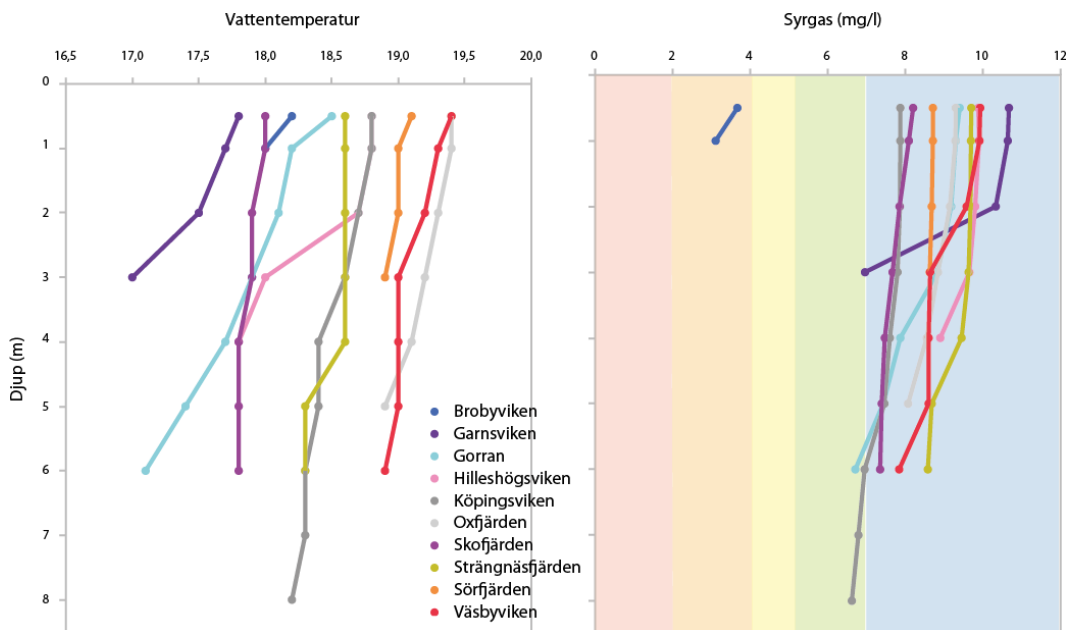
cirka 3 grader över medelvärdet för 1991–2020. Året avslutades med en kall decembermånad.

3.2 Djupprofiler för syrgas- och temperatur

3.2.1 Stationer grundare än 8 m

Temperatur- och syrgasprofiler från augusti 2023 för de tio grundaste stationerna (max.-djup ≤ 8 m) redovisas i Figur 2. Temperaturskiktning vid de grunda stationerna saknades eller var svag då vinden lyckades röra om vattenmassan nästan hela vägen till botten. Syrgashalten minskade närmare botten vid vissa stationer. I Brobyviken var halterna av syrgas låga redan i ytvattnet och statusen klassades som otillfredsställande för första gången under denna sex-årsperiod.

Vid övriga grunda stationer var statusen god eller hög vid tillfället för augustiprovtagningen men i och med att provtagning i dessa endast sker i augusti går det inte att utesluta att syrgasförhållandena kan ha varit sämre vid andra tillfällen under året, till exempel under is på vintern.

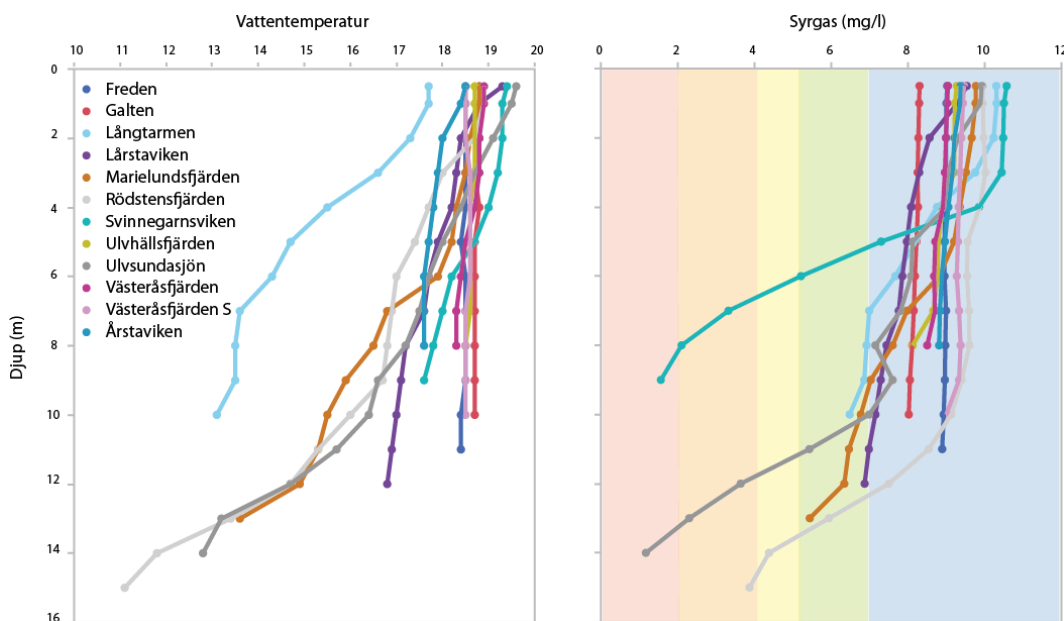


Figur 2. Syrgas- och temperaturprofiler från Mälarens grundaste vikar och fjärdar i augusti 2023. Bakgrundsfärgerna i syrgasfiguren visar statusklassningen av syrgasminimum (röd-dålig, orange-otillfredsställande, gul-måttlig, grön-god, blå-hög).

3.2.2 Mellandjupa stationer, 8–15 m

I mellandjupa vikar och fjärdar, med maximalt djup vid provpunkt mellan 8–15 m, var statusen för syrgas i augusti 2023 sämre än god i Svinnegarnsviken, Rödstensfjärden, och Ulvsundasjön (Figur 3). I dessa vikar och fjärdar var det en tydlig temperaturskiktning.

Galten, Ulvhällsfjärden och Västeråsfjärden provtogs vid sex tillfällen under 2023 och vid samtliga tillfällen var syrgasförhållandena goda. Svinnegarnsviken som också provtogs vid sex tillfällen hade dåliga syrgasförhållanden även i september och otillfredsställande vid vinterprovtagningen.



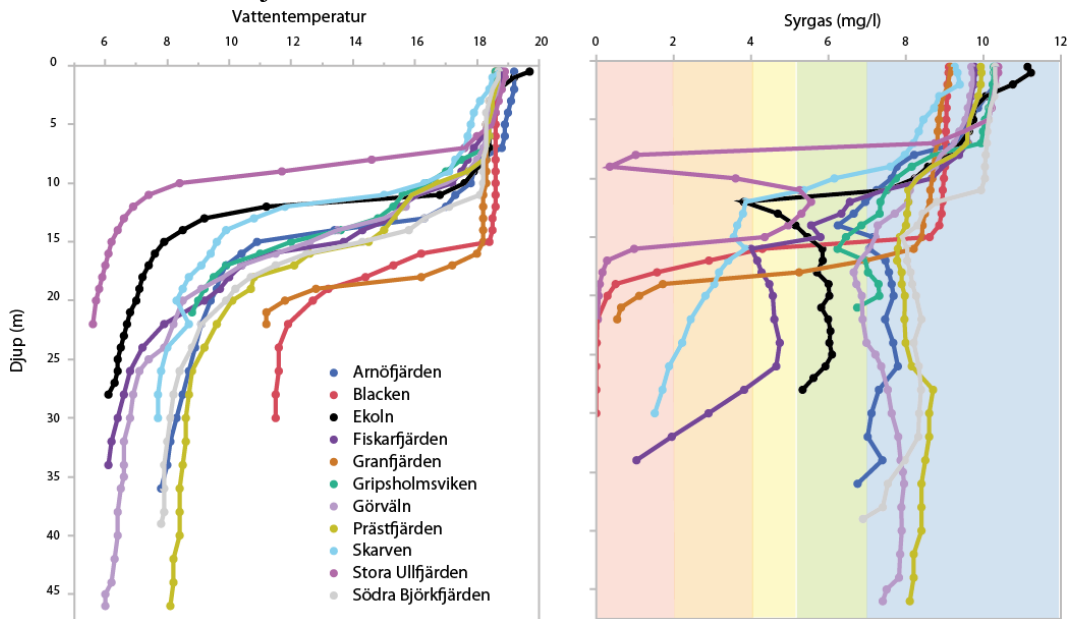
Figur 3. Syrgas- och temperaturprofiler från Mälarens mellandjupa provtagningsstationer i augusti 2023. Bakgrundsfärgerna i syrgasfiguren visar statusklassningen av syrgasminimum (röd-dålig, orange-otillfredsställande, gul-måttlig, grön-god, blå-hög).

3.2.3 Djupa stationer, över 15 meter

I djupa vikar och fjärdar, med maximalt djup över 15 meter, var det en tydlig temperaturskiktning vid samtliga stationer i augusti 2023. Statusen för syrgas i augusti 2023 var sämre än god i Ekoln, Stora Ullfjärden, Blacken, Granfjärden, Skarven och Fiskarfjärden (Figur 4). I Ekoln och Stora Ullfjärden var det lägre syrgashalter nära temperaturskiktningen, vilket beror på att plankton saktas upp där och påverkar syrgasförhållandena. I Ekoln var detta ännu tydligare i september.

Blacken och Granfjärden hade utöver vid augustiprovtagningen även dåliga syrgasförhållanden i september samt otillfredsställande i juli. I Skarven var

syrgasförhållanden dåliga även vid vinterprovtagningen och i september samt otillfredsställande i juli.



Figur 4. Syrgas- och temperaturprofiler från Mälarens djupaste vikar och fjärdar i augusti 2023. Bakgrundsfärgerna i syrgasfiguren visar statusklassningen av syrgasminimum (röd-dålig, orange-otillfredsställande, gul-måttlig, grön-god, blå-hög).

Sammanfattningsvis var statusen med avseende på syrgas i Mälaren 2023 god eller hög i nitton av de trettiofyra provtagna vikarna och fjärdarna. Detta är en förbättring gentemot 2022 då endast nio hade god eller hög status (Drakare et al. 2023), 2021 då femton stationer hade god eller hög status (Drakare et al. 2022) och 2020 då fjorton stationer hade god eller hög status (Drakare et al. 2021).

3.3 Näringsämnen

Basen i näringsväven i sjöar utgörs av växtplankton, fastsittande alger och större vattenväxter. Tillväxten av dem gynnas av fosfor och kväve. Förutom en naturlig tillförsel av närsalter från den omgivande marken till vattnet tillförs näringsämnen också från brukad och gödslad jordbruksmark, reningsverk, industrier, dagvatten och enskilda avlopp. Kväve tillförs även från luften genom atmosfärisk deposition direkt på sjöar och vattendrag. Förhöjda halter av näringsämnen kan leda till algbloomningar och igenväxta vikar. Vid nedbrytning av växtplankton och vattenväxter förbrukas syre och risken för syrgasbrist i bottenvattnet ökar. Syrgasbrist i bottenvattnet leder till att lagrad fosfor frigörs från sedimenten.

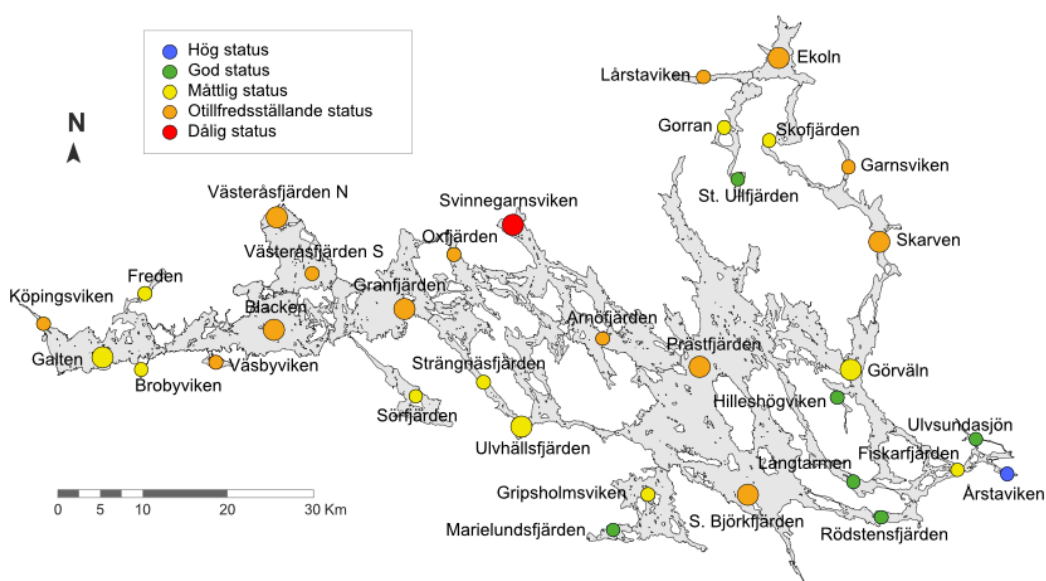
3.3.1 Fosfor

Resultaten från statusklassningen av Mälaren 2023 med avseende på totalfosfor redovisas i Tabell 1. Verktuget som användes vid statusklassningen beräknar referensvärdet för totalfosfor på tre olika sätt enligt de nya bedömningsgrunderna för fosfor ([Havs- och vattenmyndigheten 2022](#)). Referensvärdena ska i första hand beräknas från medeldjup, % sankmark samt medelvärden för vattenfärg (absorbans vid 420 nm), sulfat och magnesium (kallat TotP_{ref} MgS).

Tabell 1. Sammanställning TotP_{ref} och statusklassning av Tot-P 2023 i Mälaren beräknad på tre olika sätt. Stationerna är sorterade från väster till öster samt efter Rödstensfjärden från norr till sydost och utloppet i Stockholm. TotP_{ref} MgS har beräknats utifrån medeldjup, % sankmark samt medelvärden för absorbans filtrerat, sulfat och magnesium. TotP_{ref} Mg har beräknats från medeldjup samt medelvärden för absorbans filtrerat och magnesium. TotP_{ref} Alk har beräknats från medeldjup, altitud samt medelvärden för absorbans filtrerat och alkanitet.

Station	TotP (µg/l)	TotP _{ref} MgS	Status MgS	TotP _{ref} Mg	Status Mg	TotP _{ref} Alk	Status Alk
Köpingsviken	68,6	19,1	O	17,6	O	21,1	M
Galten	45,8	13,9	M	16,1	M	20,0	M
Brobyviken	111	49,2	M	46,3	M	39,9	M
Freden	32,2	11,5	M	11,0	M	17,2	G
Väsbyviken	72,0	17,8	O	17,0	O	20,0	O
Blacken	39,6	9,1	O	11,4	O	14,3	M
Västeråsfjärden N	54,2	13,0	O	15,3	O	18,4	M
Västeråsfjärden S	30,8	9,0	O	11,2	M	14,1	M
Granfj. Djurgårds Udde	32,3	9,3	O	11,7	M	14,5	M
Sörfjärden	44,6	16,8	M	20,4	M	18,7	M
Oxfjärden	82,3	20,3	O	21,1	O	23,5	O
Strängnäsfiärden	23,0	10,0	M	12,7	G	16,0	G
Ulvhällsfjärden	31,3	12,5	M	13,6	M	16,7	G
Svinnegarnsviken	38,6	7,6	D	9,5	O	11,9	M
Arnöfjärden	30,3	7,1	O	9,0	O	11,4	M
Marielundsfiärden	19,2	9,9	G	12,2	G	15,1	H
Gripsholmsviken	15,8	5,7	M	7,0	M	9,1	G
Prästfiärden	22,8	5,1	O	6,6	O	8,7	M
S. Björkfiärden SO	20,4	4,9	O	6,4	M	8,4	M
Långtarmen	14,1	7,9	G	9,0	G	11,6	H
Rödstensfiärden	11,2	6,6	G	8,7	H	11,3	H
Stora Ullfiärden	18,4	9,7	G	9,8	G	11,2	G
Gorran	29,2	14,5	M	15,1	G	18,6	G
Lårstaviken	52,7	13,2	O	14,7	O	18,1	M
Ekoln Vreta Udd	36,9	10,6	O	12,7	M	15,6	M
Skofjärden	37,1	12,8	M	15,4	M	18,8	G
Garnsviken	80,5	23,1	O	25,8	M	29,7	M
Skarven	32,9	9,4	O	11,6	M	14,2	M
Görvaln S	20,4	6,3	M	7,7	M	10,0	M
Hilleshögviken	21,9	13,3	G	14,6	G	18,0	H
Fiskarfjärden	14,0	6,6	M	8,7	G	11,3	H
Ulvundasjön	21,6	10,9	G	10,8	M	13,7	G
Årstaviken	16,0	12,3	H	12,0	H	14,8	H

I andra hand ska referensvärdet beräknas från medeldjup samt medelvärden för vattenfärg och magnesium (kallat TotP_{ref} Mg). En tredje variant som verktyget använder sig av är att referensvärdet beräknas från medeldjup, altitud samt medelvärden för vattenfärg och alkalinitet (kallat TotP_{ref} Alk). De tre olika sätten ger referensvärden som skiljer sig åt till viss del så att klassningen blir olika beroende på vilket tillvägagångssätt som används. I de fall då klassningen skiljde sig åt gav TotP_{ref} Alk den högsta klassningen och TotP_{ref} MgS den lägsta klassningen. Undantaget var Ulvsundasjön där TotP_{ref} Mg gav den lägsta klassningen. För merparten blir dock klassningen sådan att de tre olika sätten ger antingen sämre än god status eller god och hög status med samtliga tillvägagångssätt.



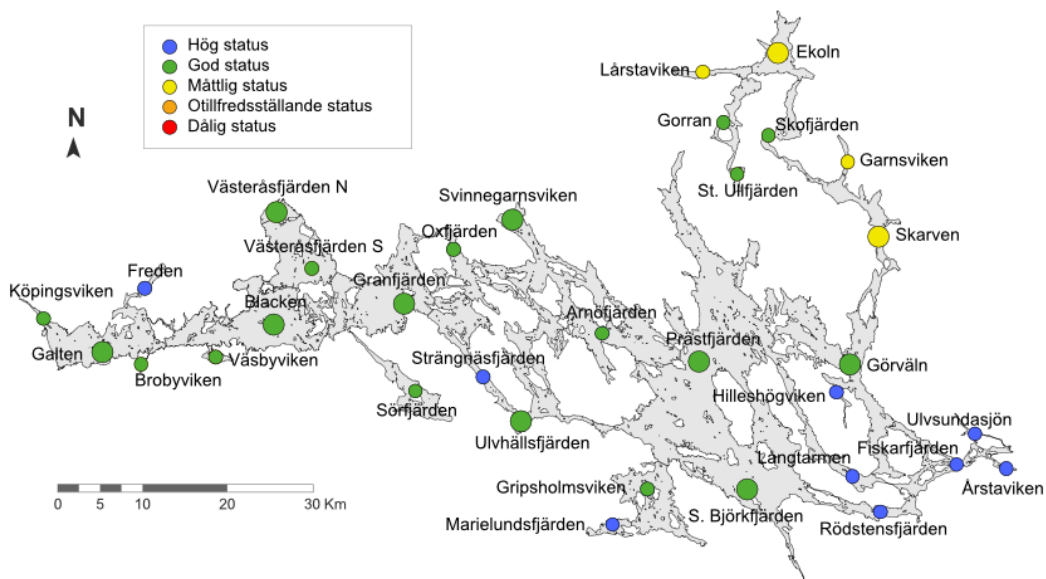
Figur 5. Statusklassning av totalfosfor i Mälaren 2023. Referensvärdena (Tot-P_{ref} MgS) har beräknats utifrån medeldjup, % sankmark samt medelvärden för absorbans filtrerat, sulfat och magnesium enligt den nya vägledningen för statusklassning av näringsämnen. Årsmedelvärden har använts för bedömning av de stationer som provtas sex gånger om året (stora punkter) och resultaten från augusti för de provplatser som enbart provtas i augusti (små punkter).

Statusen i Mälaren 2023 klassades som sämre än god vid alla stationer utom vid sex stationerna i den sydöstra delen av Mälaren samt i Stora Ullfjärden (Figur 5). Jämfört med tidigare år är det fler stationer som klassats med status sämre än god. Anledningen till detta är delvis att det togs fram nya bedömningsgrunder under 2022 (Havs- och vattenmyndigheten 2022). Bedömningsgrunderna för TotP baseras på statistiska samband mellan referensvärdet för TotP och olika vattenkemiska och geografiska data i ett stort antal sjöar (Fölster et al.2021). För Mälarens olika vikar och fjärdar kan det i vissa fall vara svårt att definiera avrinningsområdet och vattenkvaliteten kan påverkas av processer i närliggande vattenförekomster. Beräkningarna av referensvärdena är därför mer osäkra än för andra sjöar och det är därför extra viktigt att göra expertbedömningar av hur

klassgränser och referensvärden för TotP ska sättas. I Arnöfjärden är det första gången under denna sexårsperiod som klassningen blev sämre än god. Denna försämring beror på att halten i augusti 2023 var dubbelt så hög som tidigare år.

3.3.2 Kväve

Kväve används inte vid statusbedömning i sötvatten men det finns ändå krav på att hålla nivåerna låga då kväve bidrar till övergödning både i sjön och senare i kust- och hav. Kväve påverkar vilka typer av växtplankton som dominerar eftersom vissa kan fixera eget kväve från luften.



Figur 6. Statusklassning av totalkväve i Mälaren 2023. Referensvärdena har beräknats utifrån medeldjup, altitud samt medelvärden för vattenfärg och kalcium enligt Fölster et al. (2021). Årsmedelvärdena har använts för bedömning av de stationer som provtas sex gånger om året (stora punkter) och resultaten från augusti för de provplatser som enbart provtas i augusti (små punkter).

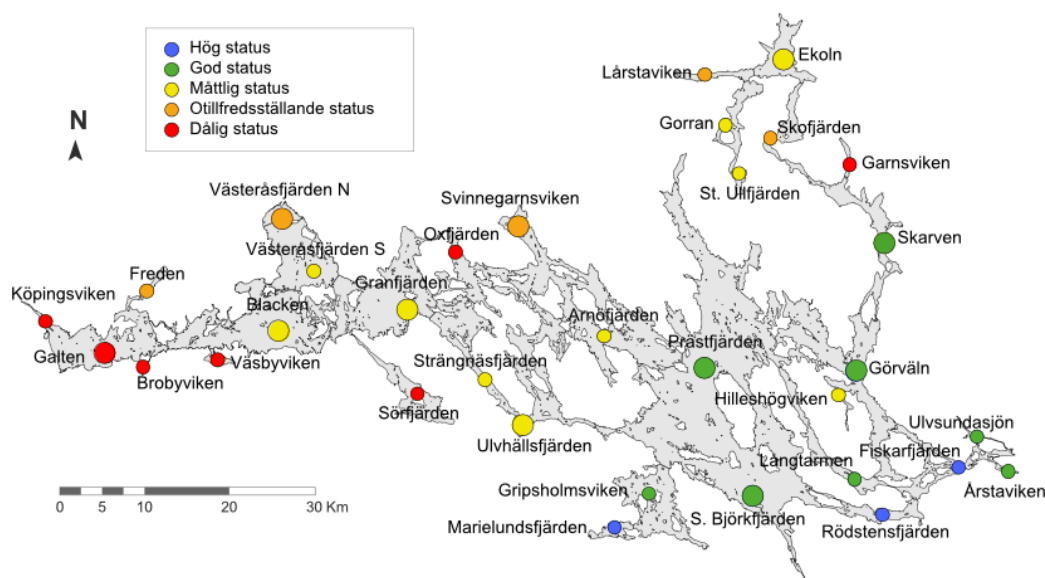
I samband med att förslag till nya bedömningsgrunder för fosfor togs fram (Fölster et al. 2021) togs även ett verktyg fram för totalkväve. Klassning av totalkväve ingår inte i den officiella rapporteringen till EU och har inga juridiska konsekvenser, men kan utgöra ett stöd för att lokalisera var behov av åtgärder för kvävereduktion behövs. Referensvärdena för denna klassning beräknas utifrån medelvärden för vattenfärg och kalcium samt medeldjup och altitud. Statusen i Mälaren med avseende på totalkväve 2023 var god eller hög vid samtliga stationer utom i Lärstaviken, Ekoln, Garnsviken och Skarven (Figur 6).

Halterna av oorganiskt kväve i Mälaren varierar mycket mellan stationerna. Ekoln har mycket högre halter av oorganiskt kväve än de andra stationerna vilket även påverkar nedströms liggande stationer (Drakare et al. 2023). Säsongsvariationen är stor för oorganiskt kväve. Oftast är halterna som lägst på sensommaren eftersom kväve då hunnits tas upp av växtplankton och andra vattenväxter. 2023

var halterna av oorganiskt kväve högre i Brobyviken och Oxkfjärden jämfört med tidigare år. I Brobyviken var halten oorganiskt kväve i augusti 2017–2022 maximalt 22 $\mu\text{g/l}$ vilket kan jämföras med årets halt i augusti som var 137 $\mu\text{g/l}$. I Oxkfjärden var halten 2017–2022 maximalt 39 $\mu\text{g/l}$ vilket kan jämföras med årets halt som var 311 $\mu\text{g/l}$. En trolig förklaring till detta kan vara den stora nederbördsmängd som kom i början av augusti som orsakade större avrinning från omkringliggande mark jämfört med tidigare år.

3.3.3 Siktdjup

Siktdjup ger en samlad information om vattnets färg, grumlighet samt mängden växtplankton i vattnet. I likhet med tidigare år klassades statusen 2023 i de västra och nordöstra delarna med avseende på siktdjup som dålig till måttlig. I de sydöstra delarna var statusen god eller hög med undantag för Hillehögviken där den var måttlig (Figur 7).



Figur 7. Statusklassning av siktdjupet i Mälaren 2023. Referensvärdena har hämtats från VISS. Medelvärden för maj-september har använts för de stationer som provtas sex gånger om året (stora punkter) och resultaten från augusti har använts för de provplatser som enbart provtas i augusti (små punkter).

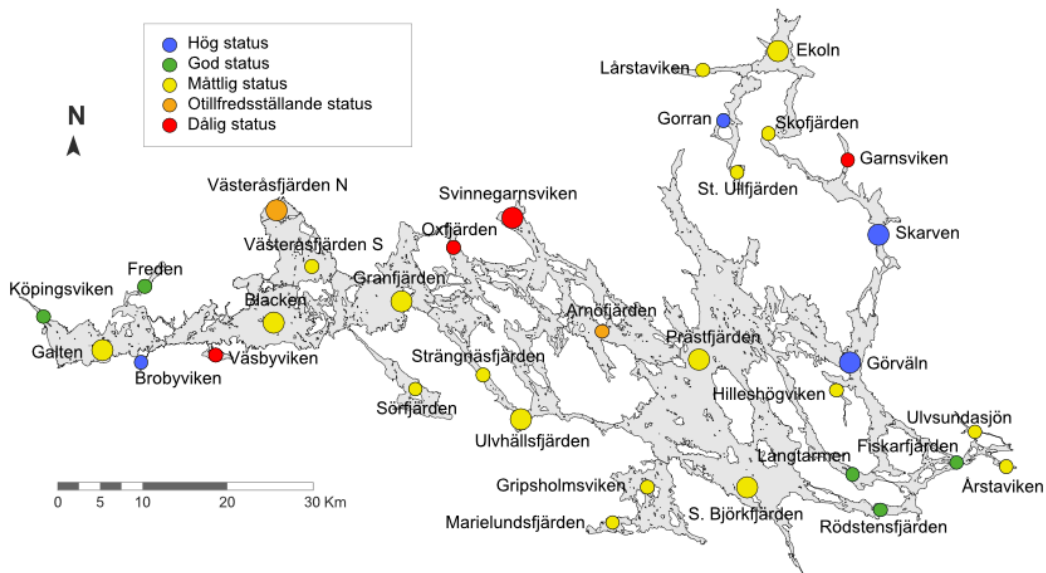
I Arnöfjärden var statusen 2023 måttlig vilket är en försämring gentemot åren 2019–2022. I Lärstaviken har siktdjupet klassats sämre än god sedan 2020 vilket är en försämring mot 2018–2019 då den klassades som god.

3.4 Växtplankton

3.4.1 Klorofyll *a*

Klorofyll *a* är ett av växternas pigment som möjliggör fotosyntes, vilket gör att halten av klorofyll *a* är ett indirekt mått på hur mycket växtplankton det finns i vattnet. Klorofyllanalyser som indirekt mått på växtplankton är billigare än att räkna växtplankton i mikroskop vilket möjliggör prover från fler provplatser eller tillfällen, även om växtplanktonanalyser ger mer information.

I den sydöstra delen av Mälaren var statusen med avseende på klorofyll 2023 sämre vid flera av provpunkterna och klassades som måttlig jämfört med tidigare år då de klassades som god eller hög (Figur 8). I den västra och nordöstra delen klassades merparten av stationerna med dålig till måttlig status.

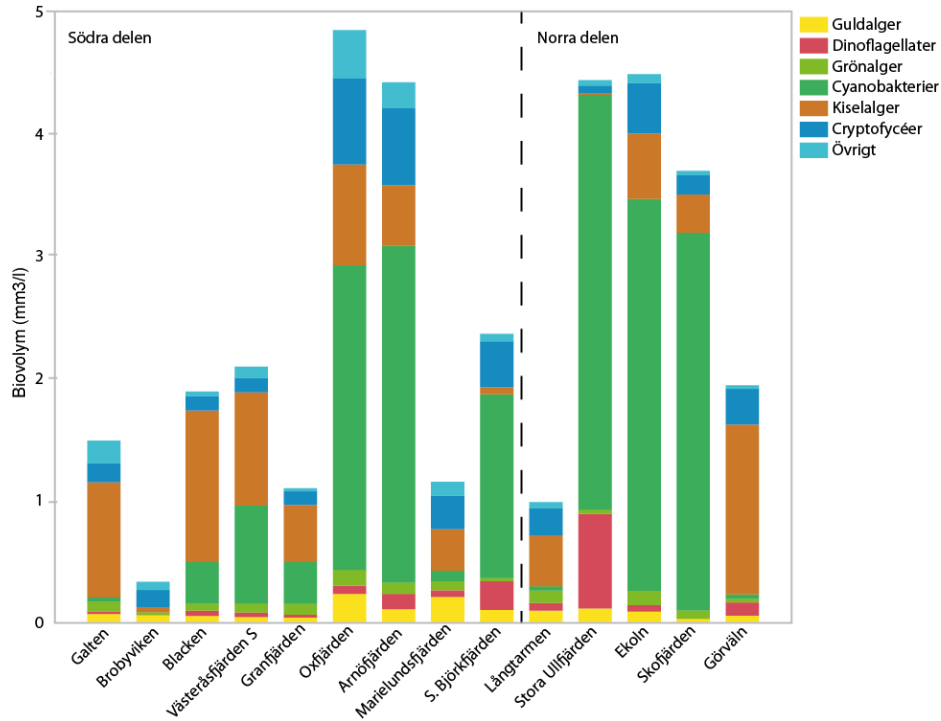


Figur 8. Statusklassning av klorofyll i Mälaren 2023. Medelvärden för juli-augusti har använts för de stationer som provtas sex gånger om året (stora punkter) och resultat från augusti för de provplatser som enbart provtas då (små punkter).

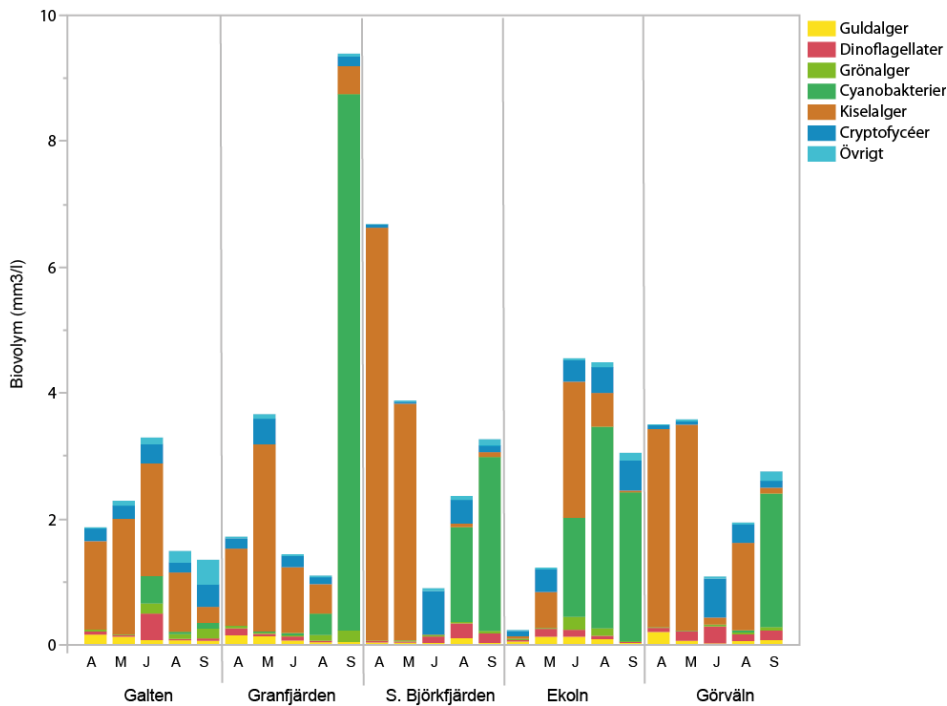
3.4.2 Detaljerade växtplanktonanalyser

Med analyser av växtplankton med hjälp av identifiering av arter i mikroskop samt mätning av celler för att kunna bestämma biomassan kan man säga mer om vilka växtplankton det är som dominerar. I augusti dominerade cyanobakterier i flera av stationerna och utmärkande är att även Södra Björkfjärden hade dominans av cyanobakterier (Figur 9), något inte denna station brukar ha. Av norra delens fjärdar hade de som brukar ha dominans av cyanobakterier detta. Görvåln hade i augusti ett kiselalgsdominerat växtplanktonsamhälle men i september hade detta ersatts av cyanobakteriedominans vilket är vanligt för denna station (Figur 10). I

de grunda stationerna i väster gynnas kiselalger framför cyanobakterier av att vattnet kan röra om vattnet ända från botten hela sommaren. Biomassan var liknade som den varit de senaste 5 åren. Granfjärdens septemberbiomassa av cyanobakterier är dock ovanligt hög (Figur 10).



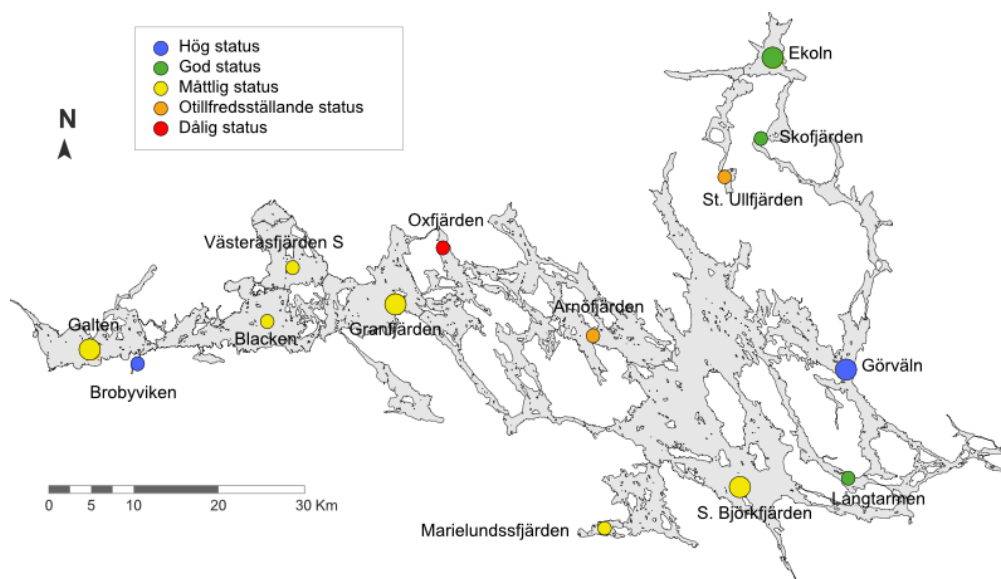
Figur 9. Växtplanktonsamhällets sammansättning vid de fjorton stationer i Mälaren som provtogs i augusti 2023 sorterade i ordningen väster mot öster i södra respektive norra delen av Mälaren.



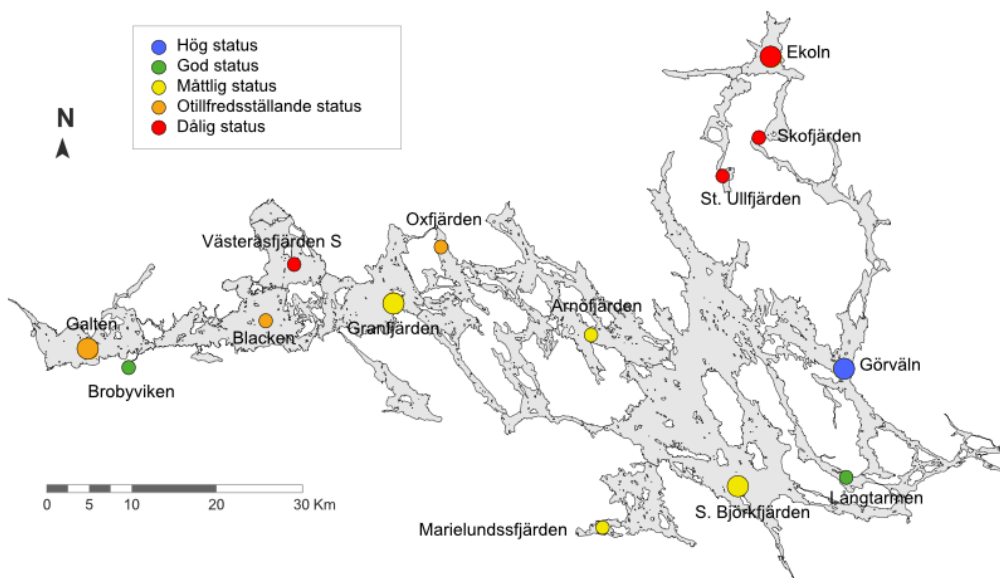
Figur 10. Växtplanktonsamhällets sammansättning i april, maj, juni, augusti och september 2023 vid de fem stationer där växtplanktonprovtagning utfördes fem gånger under året.

3.4.3 Statusklassning växtplankton

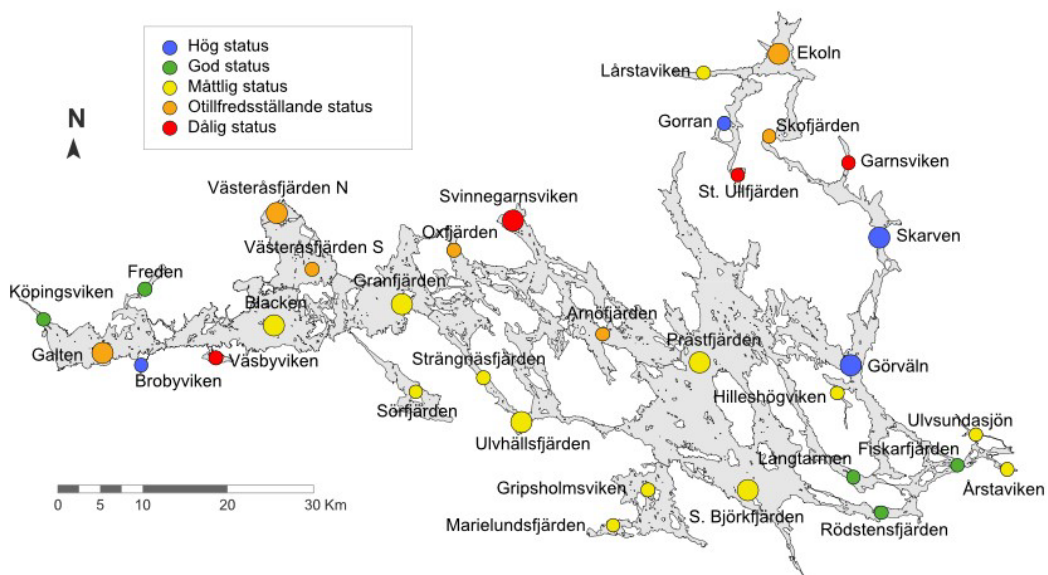
Vid statusklassning med hjälp av växtplankton sammanvägs först klorofyllresultat (Figur 8) med växtplanktons totalbiomassa från analys i mikroskop (Figur 11). Sedan läggs det planktontrofiska indexet, PTI (Figur 12), till där olika växtplankton bidrar med olika indikatorvärden beroende på hur toleranta de är mot näringspåverkan. Även stationer med endast klorofyllresultat ingår alltså i den sammanvägda statusen för växtplankton. Fyra stationer får hög status Brobyviken, Gorran, Skarven och Görväln och fem får god status Köpingsviken, Freden, Långtarmen, Rödstensfjärden och Fiskarfjärden (Figur 13). Övriga stationer har sämre status än god.



Figur 11. Statusklassning för totalbiomassa av växtplankton i Mälaren 2023. Medelvärden för juli-augusti har använts för de stationer som provtas sex gånger om året (stora punkter) och resultat från augusti för de provplatser som enbart provtas då (små punkter). De stationer med endast augustiprovtagning provtas vartannat år i ett rullande schema. Det gör att antalet stationer som visas i för totalbiomassa för växtplankton varierar mellan år.



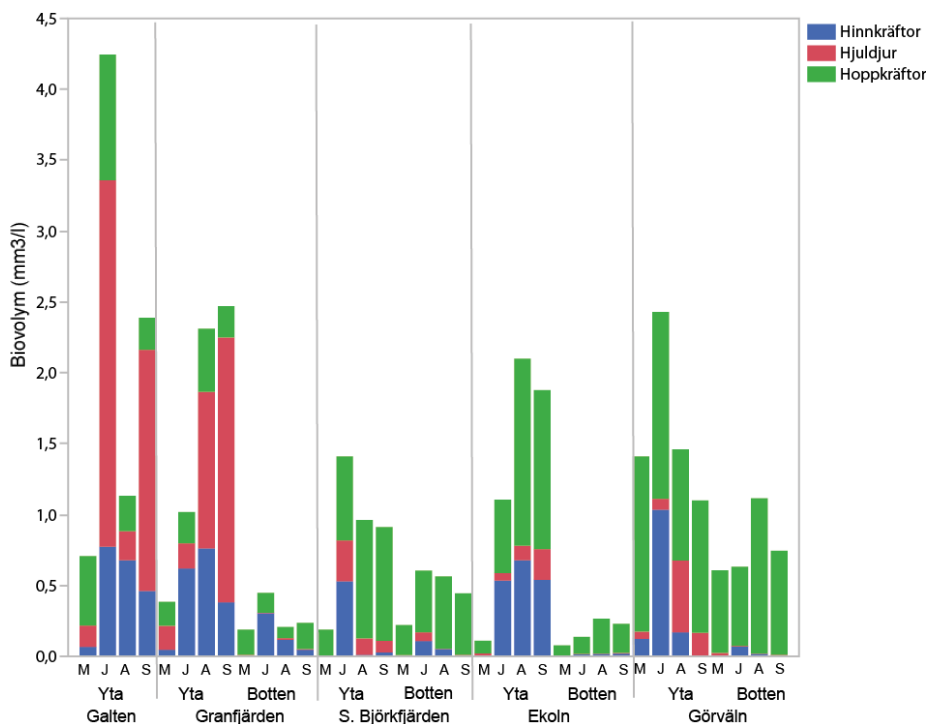
Figur 12. Statusklassning växtplankton planktontrofiskt index (PTI) i Mälaren 2023. Medelvärden för juli-augusti har använts för de stationer som provtas sex gånger om året (stora punkter) och resultat från augusti för de provplatser som enbart provtas då (små punkter). De stationer med endast augustiprovtagning provtas vartannat år i ett rullande schema. Det gör att antalet stationer som visas i för totalbiomassa för växtplankton varierar mellan år.



Figur 13. Sammanvägd bedömning växtplankton i Mälaren 2023. Beräknad utifrån klorofyll, totalbiomassa och PTI. Medelvärden för juli-augusti har använts för de stationer som provtas sex gånger om året (stora punkter) och resultat från augusti för de provplatser som enbart provtas då (små punkter). Även bedömningar för stationer med endast klorofyllresultat ingår i denna figur.

3.5 Djurplankton

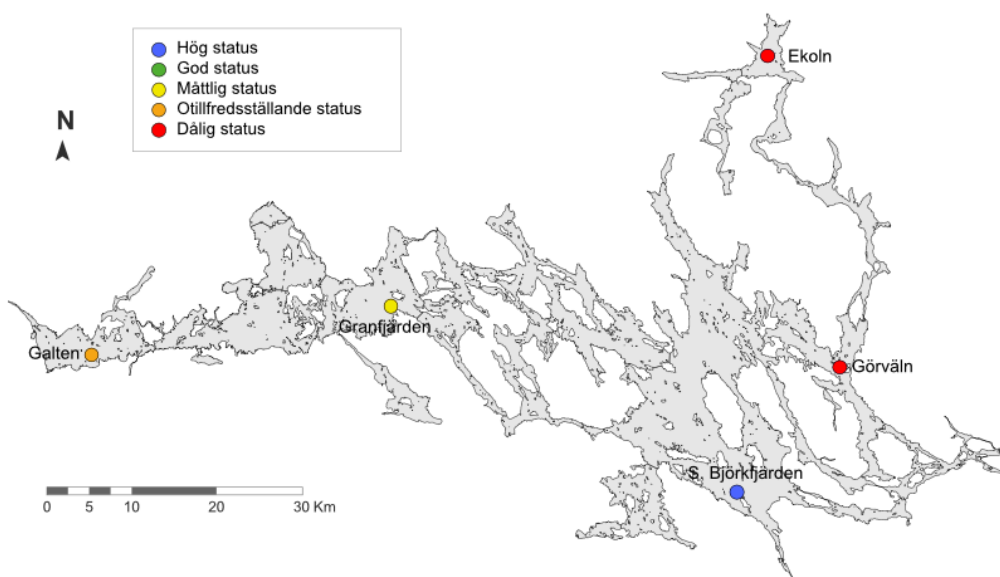
Djurplanktonens biovolym vid de olika stationerna var relativt låga under 2023. Vanligtvis brukar proverna i Galten och Granfjärden någon gång under året nå upp till 6–9 mm³/l men i år låg högsta värdet på 4,3 mm³/l (Figur 14). Hjuldjuren dominerar dessa två stationer medan hoppkräftor är vanligare i de stora djupa stationerna. Som vanligt är det högre biomassa av djurplankton i ytvattnet än i bottenvattnet. Djurplankton ingår inte rapportering till vattendirektivet vilket gjort att det inte utvecklats några moderna index för att påvisa påverkan för djurplankton. Flera av djurplanktonen är kallvattensarter och påverkas negativt, precis som bottenfauna och fisk, om bottenvattnet har låga syrgashalter.



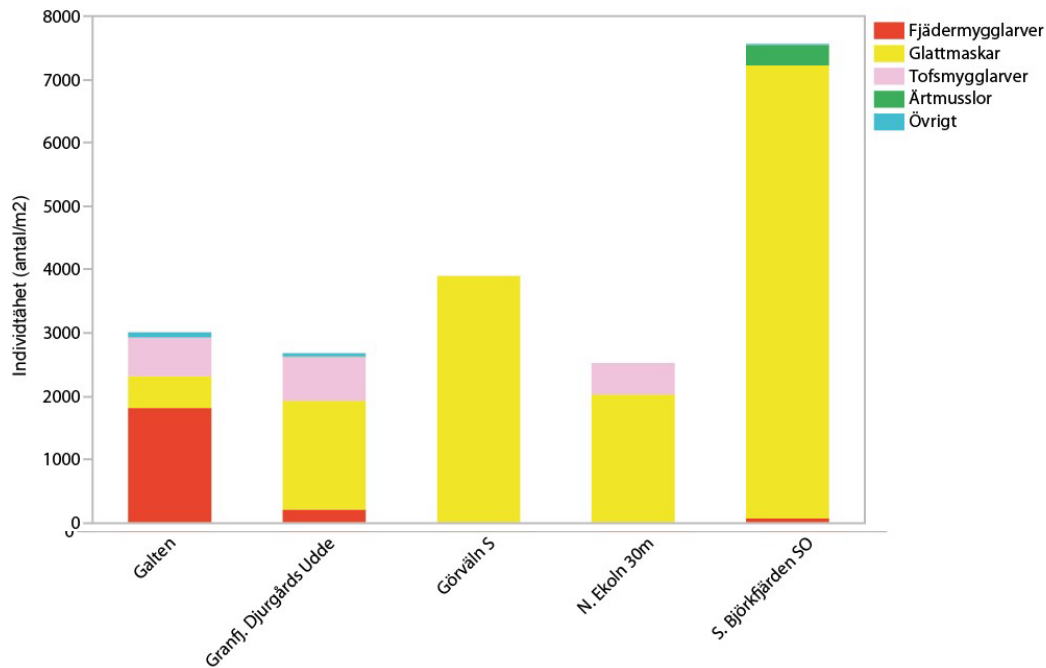
Figur 14. Biovolym för de tre stora djurplanktongrupperna i Mälaren i maj (M), juli (J), augusti (A) och september (S) 2023. Prover togs i ett ytnära vattenskikt på 0–10 meter samt om möjligt i ett djupare skikt från 15 m ner till 25–40 m beroende på provplatsens vattendjup. I Galten som är en grund fjärd tas endast det övre skiktet.

3.6 Bottenfauna

Statusklassning med profundal bottenfauna görs med BQI, Bentic Quality Index, vilket baserar sig på fjädermyggors olika känslighet för låga syrgashalter. Detta index varierar ofta kraftigt mellan år för stationerna i Mälaren. En anledning till den stora variationen är att indikatorarterna är relativt ovanliga så att de inte alltid kommer med i de prover som tas. Om inga indikatorarter av just dessa fjädermyggor hittas sätts statusen till dålig. Till exempel har Granfjärden sämst syrgashalter av de fem stationerna, nära noll under temperaturskiktningen i både augusti och september. Trots detta får stationen ändå måttlig status för att det finns relativt mycket fjädermyggor och att toleranta fjädermyggor med indexvärden hittas (Figur 15). Görvåln får däremot sämsta statusen, dålig, trots bättre syrgasförhållanden för att det 2023 inte hittades någon fjädermygga alls vid den lokalen.



Figur 15. Statusklassning av bottenfauna i Mälaren från provtagning i september 2023.



Figur 16. Bottenfaunasamhällets sammansättning fördelat på fem större grupper från provtagning i Mälaren september 2023.

Märkräftar är också känsliga för låga syrgashalter och man kan sammanväga statusen från BQI med märkräftar i en expertbedömning om det finns mycket märkräftar och lite fjädermyggor. I årets prover finns det dock inga märkräftar vid någon av de fem stationer som provtogs (räknas till gruppen Övrigt i Figur 16). Vitmärslor kan därför inte användas för att höja en eventuellt låg statusbedömning till det bättre för profundal bottenfauna i Mälaren med så kallad expertbedömning.

3.7 Syntes från provtagningsår 2023 med statusbedömning

I Tabell 2 visas en sammanställning av de kvalitetsfaktorer som statusbedömdes i Mälaren under 2023 och vilken sammanvägd status det skulle vara om bara dessa parametrar användes. Vid en fullständig bedömning av status ingår en hel sexårscykel. Man tar också hänsyn till riskbedömningar för att kunna välja de parametrar som svarar på just den aktuella påverkan. De parametrar som miljöövervakningen fokuserar på i Mälaren domineras av parametrar som kan visa status kopplad till näringspåverkan. Årets bedömning påverkas av vilka stationer som hade mer detaljerade analyser av växtplankton eftersom de inte görs varje år i alla stationer. Här hjälper det att klorofyll ingår i bedömning av ekologisk status eftersom den parametern tas oftare. Precis som tidigare år är det

stationer med sämre än god status som dominerar, vilket innebär att åtgärdsarbetet behöver fortsätta. Bara fyra stationer har god status och ingen har hög status när parametrarna sammanvägs (Tabell 2).

Tabell 2. Sammanfattande tabell med de kvalitetsfaktorer som statusbedömdes 2023 vid de 33 provtagna stationerna i Mälaren och en sammanvägd bedömning baserad på dessa. För fullständig bedömning behöver provtagning under en hel förvaltningscykel på sex år inkluderas. H=hög status, G=god status, M=måttlig status, O=otillfredsställande status, D=dålig status. Åtgärder behöver sättas in om statusen är sämre än god. Stationerna är sorterade från väster till öster samt från norr till sydost och utloppet i Stockholm.

Station	Syrgas	Tot-P	Sikt- djup	Kloro- fyll	Växt- plankton (total)	Botten- fauna	Total status
Köpingsviken	G	O	D	G			M
Galten	H	M	D	M	O	O	O
Brobyviken	O	M	D	H	H		G
Freden	H	M	O	G			M
Väsbyviken	H	O	D	D			D
Blacken	D	O	M	M	M		M
Västeråsfjärden	H	O	O	O			O
Västeråsfjärden S	H	O	M	M	O		O
Granfjärden	D	O	M	M	M	M	M
Sörfjärden	H	M	D	M			M
Oxfjärden	H	O	D	D	O		D
Strängnåsfjärden	H	M	M	M			M
Ulvhällsfjärden	H	M	M	M			M
Svinnegarnsviken	D	D	O	D			D
Arnöfjärden	G	O	M	O	O		O
Marielundsfjärden	G	G	H	M	M		M
Gripsholmsviken	G	M	G	M			M
Prästfjärden	O	O	G	M			M
Södra Björkfjärden	D	O	G	M	M	H	M
Långtarmen	G	G	G	G	G		G
Rödstensfjärden	O	G	H	G			M
Stora Ullfjärden	D	G	M	M	D		D
Gorran	G	M	M	H			G
Lårstaviken	G	O	O	M			M
Ekoln	D	O	M	M	O	D	D
Skofjärden	H	M	O	M	O		O
Garnsviken	G	O	D	D			D
Skarven	D	O	G	H			G
Görvåln	D	M	G	H	H	D	D
Hilleshögsviken	H	G	M	M			M
Fiskarfjärden	D	M	H	G			M
Ulvsundasjön	D	G	G	M			M
Årstaviken	H	H	G	M			M

Den sammanvägda statusbedömningen görs enligt ett flödesschema (Naturvårdsverket 2007). Biologiska kvalitetsfaktorer styr helt vid måttlig eller sämre status. Vid god status för biologiska kvalitetsfaktorer kopplas fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorer in i bedömningen och om dessa visar hög eller god blir statusen god. Om fysikalisk-kemiska faktorer visar sämre status än god blir den sammanvägda statusen måttlig. Vid hög status på de biologiska

kvalitetsfaktorerna kan fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorer sänka den sammanvägda statusen till god. Vid hög status på både biologiska och fysikalisk-kemiska faktorer kopplas hydromorfologiska kvalitetsfaktorer in. Ingen av stationerna 2023 hade hög status i både biologiska och fysikalisk-kemiska faktorer.

4. Samlad bedömning och jämförelse med tidigare bedömningar

I Tabell 3 visas en sammanställning den totala ekologiska statusbedömningen år för år för de senaste sex åren tillsammans med en sammanvägd status för hela perioden (2018–2023) och två tidigare bedömningar publicerade i VISS.

Tabell 3. Sammanfattande tabell med sammanvägd bedömning för varje år, sammanvägd bedömning för sexårsperioden 2018–2023 samt två bedömningar från VISS för 2010–2016 och 2017–2021. H=hög status, G=god status, M=måttlig status, O=otillfredsställande status, D=dålig status. Stationer sorterade från väster till öster och från norr till sydost och utloppet i Stockholm.

Station							VISS	VISS	
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2018–2023	2010–2016	2017–2021
Köpingsviken	D ³	M	M	O	M	M	O	O	O
Galten	D ^{1,2}	O ^{1,2}	O ^{1,2}	O ^{1,2}	O ^{1,2}	O ^{1,2}	O ^{1,2}	O	O
Brobyviken	G ³	M ¹	M	M ¹	G	G ¹	M ¹	M	M
Freden	O ³	M	M	M	M	M	M	M	M
Väsbyviken	D ^{1,3}	O	O ¹	D	D ¹	D	D ¹	D	D
Blacken	M	M ¹	M	M ¹	M	M ¹	M ¹	O	O
Västeråsfjärden N	O ^{1,3}	M	D ¹	O	D ¹	O	D ¹	D	D
Västeråsfjärden S	M	O ¹	M	M ¹	O	O ¹	O ¹	O	O
Granfj. Djurgårds Udde	O ^{1,2}	O ^{1,2}	O ^{1,2}	M ^{1,2}	O ^{1,2}	M ^{1,2}	M ^{1,2}	M	M
Sörfjärden	O ^{1,3}	M	D ¹	D	O ¹	M	D ¹	O	O
Oxfjärden	O ³	M ¹	M	O ¹	M	O ¹	O ¹	D	D
Strängnåsfjärden	D ^{1,3}	M	M ¹	M	M ¹	M	O ¹	M	M
Ulvhällsfjärden	O	M	M	M	O	M	M	M	M
Svinnegarnsviken	O	M	M	O	M	D	O	O	O
Arnöfjärden	O ³	M ¹	M	G ¹	M	O ¹	M ¹	O	O
Marielundsfjärden	M	G ¹	M	M ¹	M	M ¹	M ¹	G	G
Gripsholmsviken	M ^{1,3}	M	G ¹	G	G ¹	M	M ¹	G	G
Prästfjärden	G	M	G	M	G	M	M	G	G
S. Björkfjärden SO	M ^{1,2}	G ^{1,2}	G ^{1,2}	G ^{1,2}	G ^{1,2}	M ^{1,2}	M ^{1,2}	G	G
Långtarmen	M	M ¹	G	M ¹	G	G ¹	M ¹	M	M
Rödstensfjärden	G ³	G	M	M	G	M	M	G	G
Stora Ullfjärden	M ³	D ¹	M	D ¹	M	D ¹	D ¹	D	D
Gorran	M ^{1,3}	G	M ¹	M	O ¹	G	M ¹	M	M
Lärstaviken	O ^{1,3}	G	O ¹	O	O ¹	M	O ¹	M	M
Ekoln Vreta Udd	D ^{1,2}	M ^{1,2}	O ^{1,2}	O ^{1,2}	O ^{1,2}	D ^{1,2}	O ^{1,2}	M	M
Skofjärden	O ³	M ¹	M	O ¹	M	O ¹	O ¹	D	D
Garnsviken	D ³	O	O	D	D	D	D	O	O
Skarven	O ³	G	M	M	M	G	M	M	M
Görvåln S	M ^{1,2}	D ^{1,2}	O ^{1,2}	M ^{1,2}	D ^{1,2}	D ^{1,2}	O ^{1,2}	G	M
Hilleshögviken	D ^{1,3}	M	M ¹	O	O ¹	M	O ¹	M	M
Fiskarfjärden	M ³	G	M	M	M	M	M	M	M
Ulvsundasjön	O ³	M	M	M	M	M	M	O	O
Årstaviken	M ³	G ³	M	M	M	M	M	O	O

¹Fullständig växtplanktonanalys inkluderat

²Bottenfauna inkluderat

³Ingen syrgasmätning

Den sammanvägda statusen för sexårsperioden visade på sämre än god status vid samtliga stationer. I flera fall drogs statusen ned till måttlig där de biologiska parametrarna visade på god status i och med att någon av de fysikalisk-kemiska parametrarna hade sämre status. Fem stationer fick den sämsta statusen (Väsbyviken, Västeråsfjärden, Sörfjärden, Stora Ullfjärden och Garnsviken).

Jämfört med tidigare perioders bedömningar publicerade i VISS så har läget för Mälaren försämrats eftersom ingen station längre har god status! Bedömningarna har på senare år förfinats och troligtvis är det så att ju fler parametrar som lagts till, till exempel syrgas som ofta drar ner statusen, desto mer vet vi om det akvatiska ekosystemet och vad som påverkas. Det är bra att veta situationen i småvikar eftersom de kan behöva andra åtgärder än de större fjärdarna, då de troligtvis mer riskerar växa igen med större vattenväxter än att det blir cyanobakterieblomningar som är vanligt i de större fjärdarna. Det kan också vara så att ett varmare klimat börjar påverka effekten av näringsämnen så att de får större effekt på organismerna än tidigare. Långtidstrenderna i nästa kapitel visar tecken på att det är så.

5. Långtidstrender på 59 år

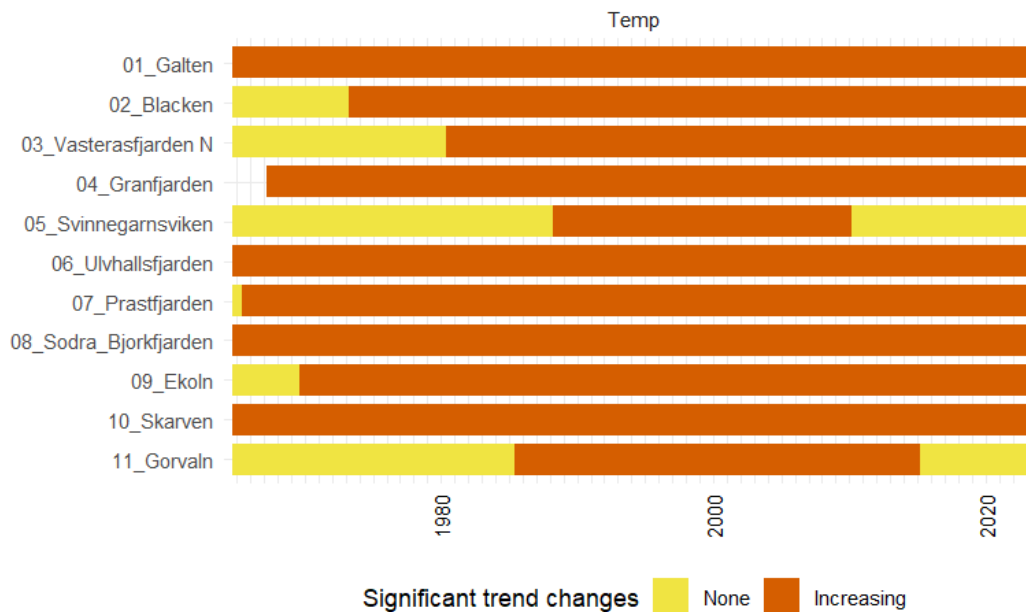
Fysikalisk-kemiska analysresultat hämtades från Miljödata-MVM för de 11 Mälarstationer som provtagits längst tid dvs. från 1964. Bassängerna har provtagits på olika djup under åren, men ytprov och bottennära prov har alltid tagits. I början av tidsperioden togs det en djupgradient var 5:e meter för att senare övergå till att endast behålla provtagning på 15 meters djup vid stationer som är tillräckligt djupa. För trendanalyserna valdes därför 0,5 meter (ytnära), 15 meter och bottennära (en meter över botten, olika beroende på station) ut. I början provtogs fler av årets månader än nu och för att få jämförbara data ströks därför månader som inte provtagits hela tidsperioden (januari, april, juni, oktober – december). Vinterprovtagning som görs i februari-mars slogs ihop till ett tillfälle.

Flera vattenkemiska parametrar har långa tidsserier på 59 år och har dessutom inte haft något stort metodbyte under perioden. De utvärderas vanligtvis inte i årliga utvärderingar för Mälaren men ingår i det paket av analyser som görs samlat. I denna del visar vi några av dem och fokuserar på ytvattnet. För temperatur och syrgas analyseras även djupare skikt. För biologiska parametrar utvärderas växtplankton med provtagningsstart 1964 och bottenfauna med provtagningsstart 1969. De lokaler som har biologiska data med så långa tidsserier är endast Galten, Granfjärden, Södra Björkfjärden, Ekoln och Görväl. Djurplankton har långa tidsserier med provtagningar sedan 1964 men de är bara inlagda i Miljödata-MVM sedan 2017. De ingår därför inte i trendanalysen i denna rapport.

Trenderna visualiserades med generaliserade additiva modeller, GAM, som utvecklats för att tydliggöra signifikanta förändringar ([von Brömssen et al. 2021](#)). Resultaten visas som så kallade lasagnediagram där liggande staplar, en per station, illustrerar med olika färger om trenden varit stabil, ökande eller minskande över tid. Resultaten kan också visas som vanliga x-y-diagram där alla värden visas så att man på y-axeln ser nivån på den variabel det gäller medan x-axeln visar tiden. I sådana diagram visas trenden färgkodad på samma vis som i lasagnediagrammet men som en linje. Övriga diagram som visas är låddiagram som visar spridningen av värden för en tidsperiod för att kunna jämföra nivåer för olika stationer och tidsperioder, samt x-y-diagram utan statistisk analys men med färgkodade värden för att illustrera nivåer som är skadliga respektive riskfria för vissa typer av vattenlevande djur.

5.1 Temperatur och klimatförändring

Klimatet är medelvädret under flera år och man bör ha längre tidsserier än 30 år för att kunna se om klimatet förändras. Mälarens nästan 60-åriga tidsserie gör det möjligt att analysera trender och jämföra de två perioderna 1964–1993 och 1994–2023. Trendanalysen visar att ytvattentemperaturen ökar i vid alla stationer och under nästan hela den långa tidsperioden (Figur 17).

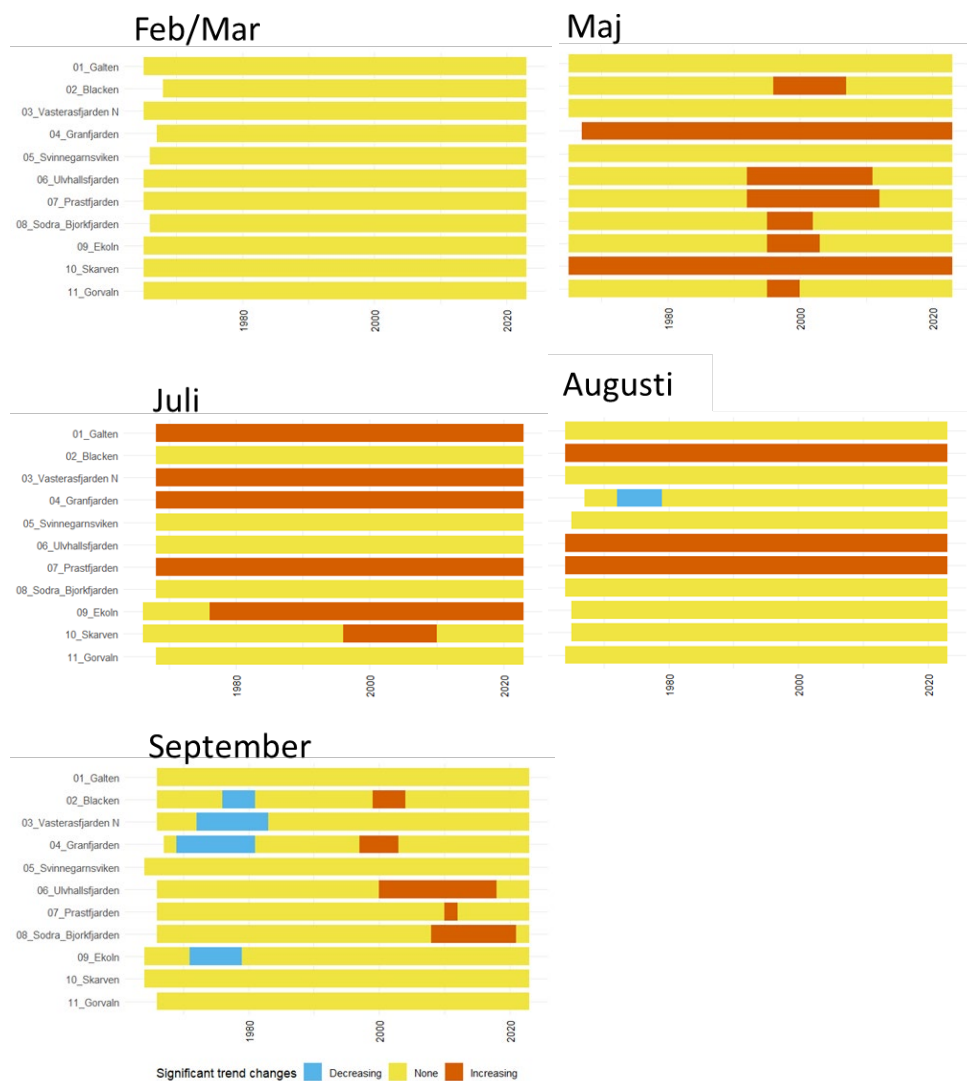


Figur 17. Lasagnediagram som visar förändring i ytvattentemperatur i 11 Mälarstationer sedan 1964. Röda delar av staplarna visar signifikant ökning. Månaderna feb-mars (vinterprovtagning), maj, juli, aug och september ingår i analysen.

Om man delar upp analysen på säsong så är inte temperaturförändringen signifikant vid vinterprovtagningen i februari-mars (Figur 18), medeltemperaturen är 0,9 °C räknat som medelvärde för de 59 åren.

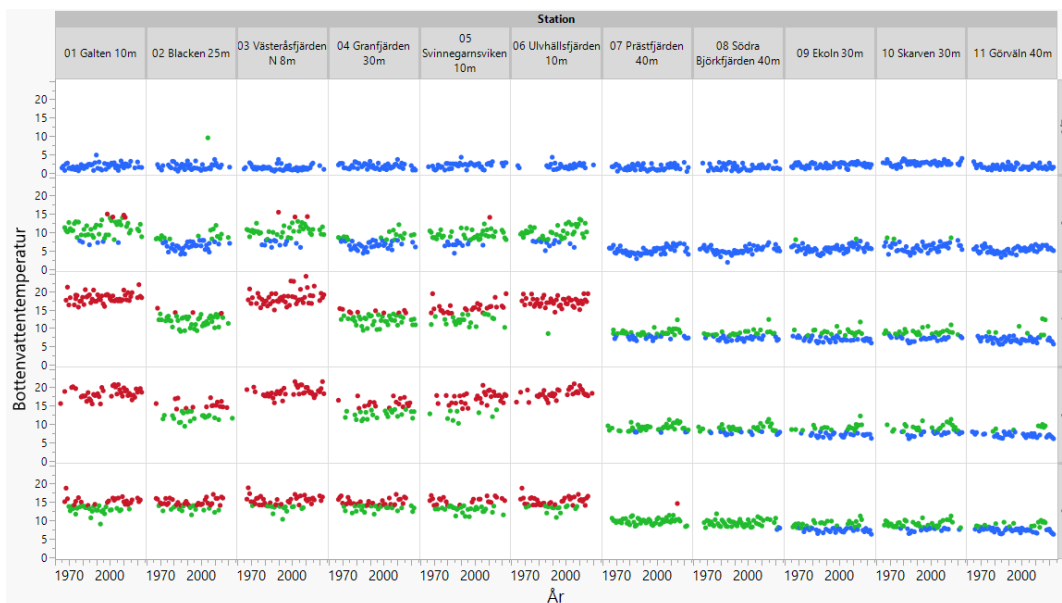
Övriga månader finns det signifikanta förändringar med ökande temperatur vid någon provtagningsmånad under någon period för alla stationer. Under en period på 1970-talet minskade även temperaturen under några år i september för fyra stationer och för en station i augusti (Figur 18).

En typisk maj-temperatur i ytvattnet den första perioden är 8,9 °C (medelvärde för alla stationer 1964–1993) medan den för andra perioden är 10,9 °C (medelvärde för 1994–2023), en höjning på två grader! Motsvarande värden för juli är 18,6 och 19,9 °C, augusti 18,2 och 19,7 °C, samt för september 14,7 och 15,4. En höjning mellan de två perioderna under sommarmånaderna juli och augusti på 1,4–1,5 °C och en höjning med 0,7 °C för september.

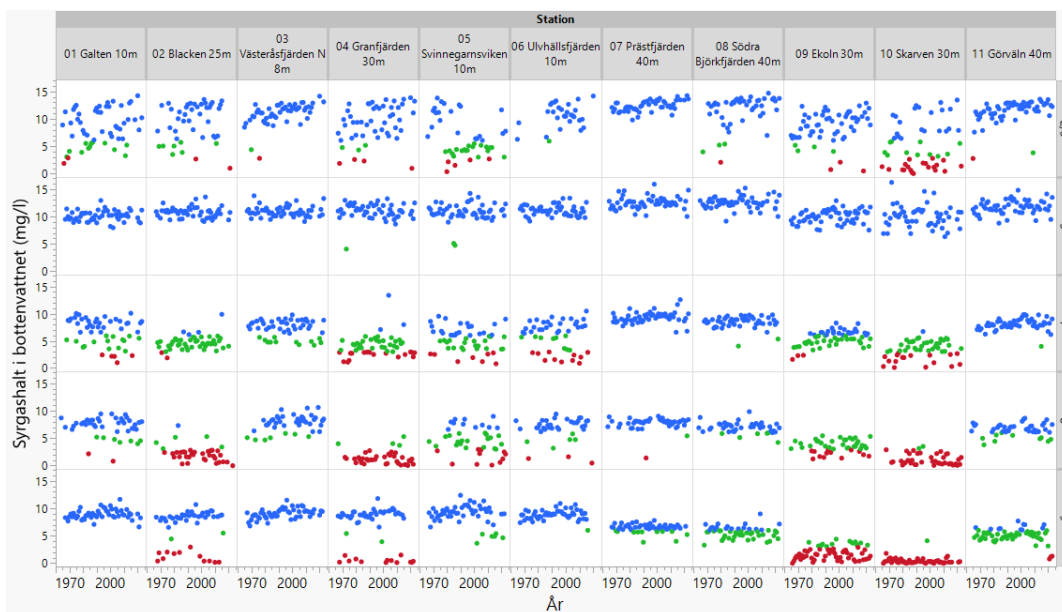


Figur 18. Förändring i ytvattentemperatur för enskilda månader för 11 Mälärstationer sedan 1964. Röda delar av staplarna visar signifikant ökning, blå visar signifikant minskning och gula visar icke signifikanta ändringar.

Bottenvattnets temperatur har betydelse för värmekänsliga djur som kallvattensfiskar och -kräftdjur. Typiska fiskar i Mälaren som vill vara i kallt bottenvatten sommartid är lake, nors och siklöja och glacialrelikta kräftdjur som märlor och pungräkor. Optimala temperaturer för båda grupperna ligger vanligtvis strax under 8–10 grader och de undviker helst vatten som är varmare än 14 grader. Ungdjur befinner sig dock oftare i varmare vatten än de vuxna djuren. I Mälaren är de olika bassängerna olika djupa och genom att jämföra bottenvattentemperaturen olika månader kan man se när och hur länge det är för varmt på bottarna i de olika bassängerna (Figur 19).



Figur 19. Bottenvattentemperatur i 11 MälARBASSÄNGER. Optimala temperaturer under 8 grader visas i blått, temperatur som tolereras mellan 8 och 14 grader visas i grönt och temperatur som de flesta kallvattensarter undviker (över 14 grader) visas i rött. De provtagningsmånader som visas anges som siffror till höger om figuren 2/3 för februari/mars, 5 för maj osv.



Figur 20. Syrgashalten i bottennära vatten, 1 meter över botten, för 11 MälARBASSÄNGER uppdelat per provtagningsmånad. Höga syrgashalter över 6 mg/l visas i blått, spannet 3–6 mg/l O₂ visas i grönt och halter under 3 mg/l (som djur undviker) visas i rött. De provtagningsmånader som visas anges som siffror till höger om figuren 2/3 för februari/mars, 5 för maj osv.

De stationer som kan husera kallvattensarter är de med dominans av blå punkter, en del gröna punkter men inga röda punkter (Figur 19) och visar att det främst är de fem djupa stationerna i östra delen av Mälaren som uppfyller temperaturkravet hela året (till höger i figuren). Trots att Prästfjärden och Södra Björkfjärden är

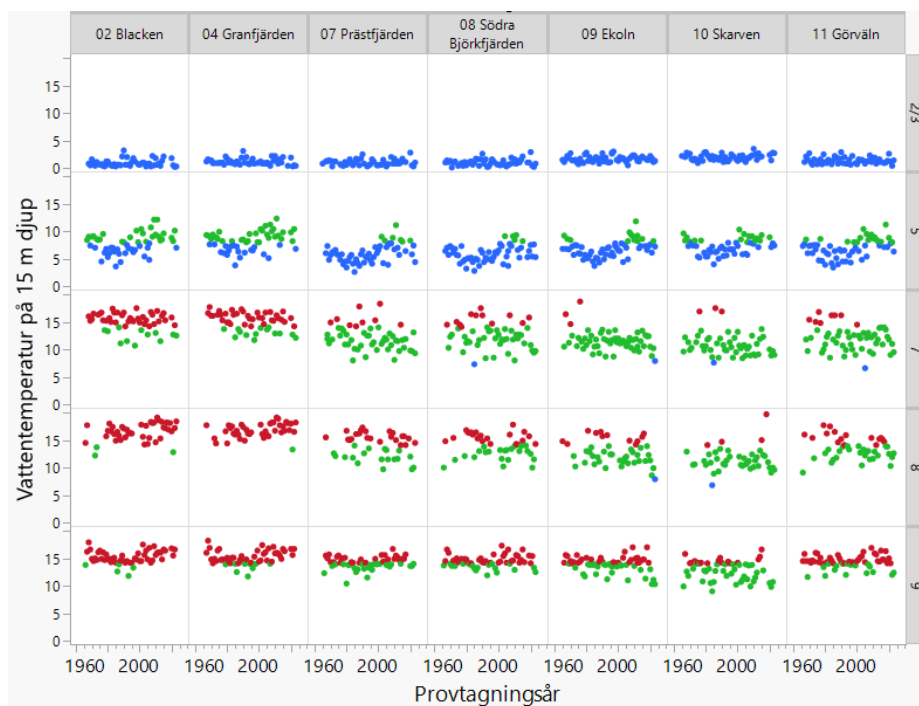
djupa värms bottenvattnet upp mera i augusti och september i dessa två än i Görväln som är lika djup (Figur 19), troligtvis för att de är mer vindexponerade. Även den djupare Granfjärden har ofta för varmt vatten i juli-september. De grunda bassängerna Galten, Västeråsfjärden Norra och Ulvhällsfjärden har troligtvis bara tillfälliga besök av kallvattensarter vintertid eftersom deras botten temperatur oftast är lika varm som vid ytan sommartid, strax under 20 grader. Hur väl kallvattensarter tål temperaturer i mellan skiktet beror mycket på syrgashalten som måste vara hög för att kompensera den stress de utsätts för av värme.

Syrgashalten i det bottennära vattnet visas på samma sätt per månad för de olika stationerna och det blir tydligt att flera stationer har problem med låga syrgashalter (Figur 20). Skarven är den station som fortfarande har störst problem med syrgasbrist i bottenvattnet av de elva stationerna med långa tidsserier. Låga syrgashalter sommartid ökar risken för att näringsämnen från botten sedimenten löses tillbaka till vattnet och på nytt bidrar till övergödning. Denna risk finns vid fyra stationer: Blacken i augusti, Granfjärden augusti-september, Ekoln i september och Skarven i augusti-september. Tyvärr ser det ut som att syrgashalterna minskar i september vid flera stationer som tidigare haft höga syrgashalter, som Södra Björkfjärden och Görväln.

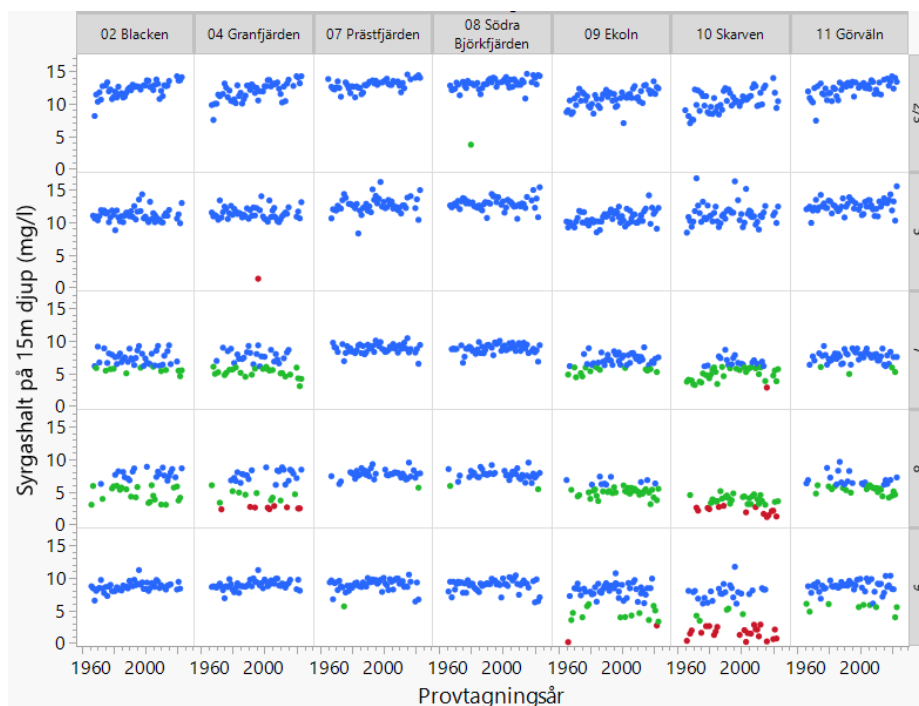
Prästfjärden, Södra Björkfjärden och Görväln är de stationer som både har tillräckligt kallt bottenvatten och tillräckligt med syrgas hela året. Tyvärr tas inte bottenfauna vid Prästfjärden så vi har otillräcklig kunskap om vilka kallvattensarter som finns där.

Det ska också påpekas att temperatur och syrgas i oktober vore bra att börja mäta vid de djupa stationerna för att veta hur sent skiktningen bryts och när syrgashalterna har möjlighet att återställas i bottenvattnet och kallvattensarterna, alla fall de mer mobila, åter kan börja utnyttja en större del av sjön för sitt födosök.

Motsvarande figur för 15 metersdjupet visar att med tiden har det blivit varmare på detta djup i maj (Figur 21). Från djupgradienterna från 2023 års prover från djupa stationer ser man att den skarpaste temperaturändringen gärna ligger mellan 10 och 17 meter på sommaren (Figur 4). Det finns en koppling mellan höga temperaturer i maj och höga temperaturer senare på sommaren vilket beror på varmt ytvatten blandas ner djupare och sakta värmer upp underliggande vatten. Det syns också att syrgasnivåerna är bättre på 15 meter än nära botten (Figur 22). Dock har Skarven och Granfjärden mycket låga syrgashalter även på 15 meter de år skiktningen mellan varmt och kallt vatten ligger grundare än 15 meter.



Figur 21. Temperatur på 15 meters djup för olika månader i 7 MälARBASSÄNGER. Optimala temperaturer för kallvattensarter under 8 grader visas i blått, temperatur som tolereras mellan 8 och 14 grader visas i grönt och temperatur som de flesta kallvattensarter undviker (över 14 grader) visas i rött. De provtagningsmånader som visas anges som siffror till höger om figuren 2/3 för februari/mars, 5 för maj osv.

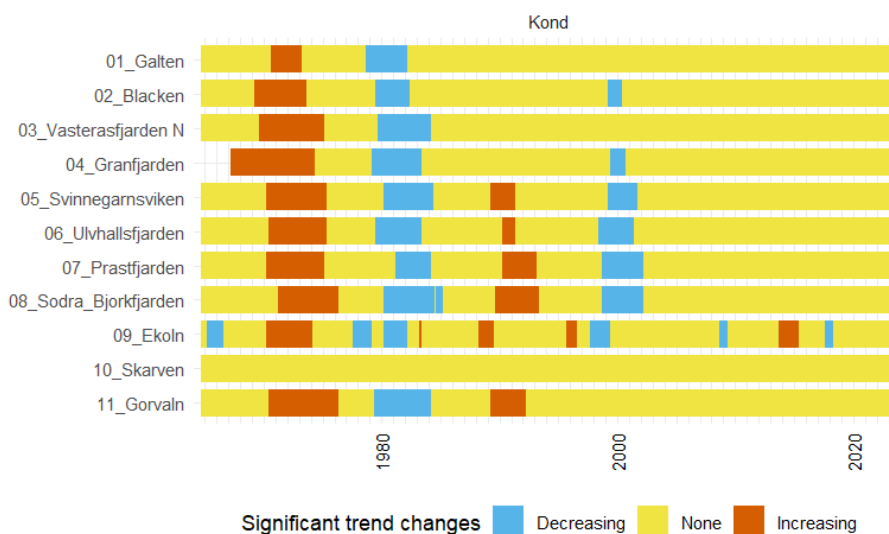


Figur 22. Syrgashalten på 15 meters djup i 7 MälARBASSÄNGER uppdelat per provtagningsmånad visad som siffror. Höga syrgashalter över 6 mg/l visas i blått, spannet 3–6 mg/l O₂ visas i grönt och halter under 3 (som djur undviker) visas i rött. De provtagningsmånader som visas anges som siffror till höger om figuren 2/3 för februari/mars, 5 för maj osv.

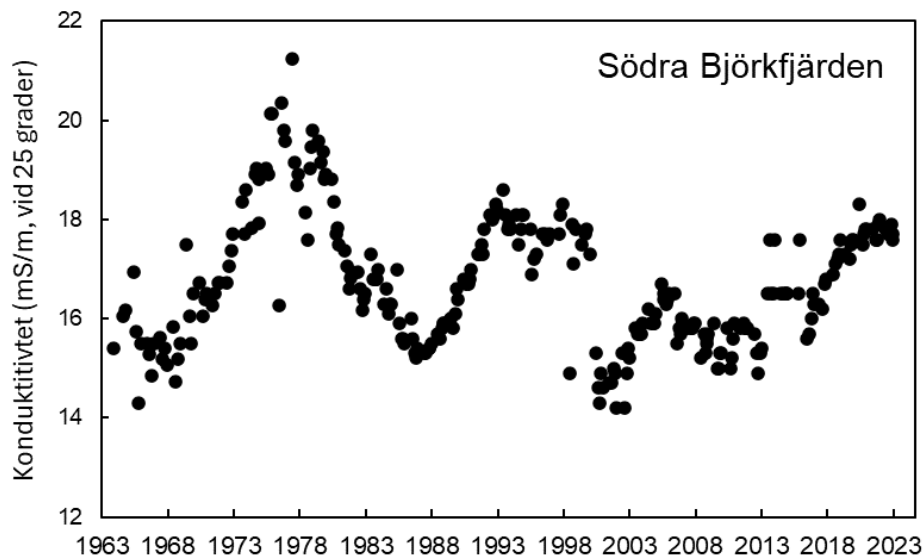
Eftersom skiktningens läge påverkar syrgashalterna så starkt är det bra att vi övergått till att mäta syrgas och temperatur med mycket tätare intervall på 1–2 meter på senare år. Det gör att utvärderingar kan bli mer exakta av hur skiktningen påverkas av vädret samt hur stor volym vatten som olika typer av kallvattensarter har att röra sig på.

5.2 Konduktivitet och utvalda joner

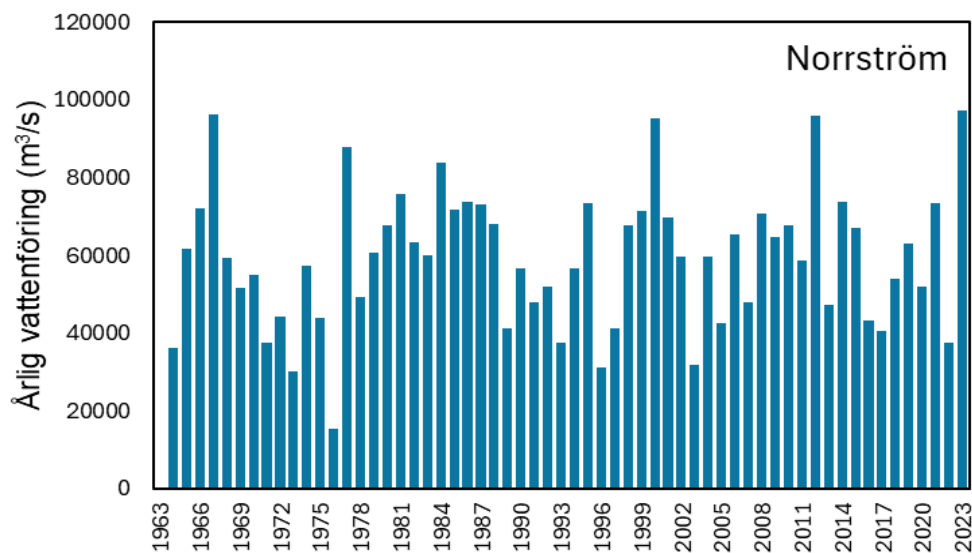
Flera av jonerna som analyseras varierar cykliskt med en period på flera år troligtvis mest kopplat till nederbörd och efterföljande variation i vattenföring. Tydligast syns det för konduktivitet (för alla stationer i Figur 23, med exempel från Södra Björkfjärden i Figur 24). Konduktivitet är ett mått på den samlade ledningsförmågan för elektriskt laddade joner, och liknande variationer syns också för flera enskilda mätningar av joner till exempel för magnesium, kalcium, kalium, klorid och natrium. Alla dessa har tydliga långtidsfluktuationer med ökning och minskningar under en rad av år som ger perioder med höga värden runt 1975, början och slutet av 1990-talet samt nutida runt 2022. Låga värden blev det i slutet på 1960-talet, runt 1987 samt skarp minskning i slutet av 1990-talet som gav som lägst värden runt 2003.



Figur 23. Lasagnediagram som visar signifikanta ändringar i rött (ökande) och blått (minskande) för konduktivitet vid 11 Mälarstationer sedan 1964.



Figur 24. Exempel från Södra Björkfjärden på hur konduktiviteten varierar i cykler på flera år.

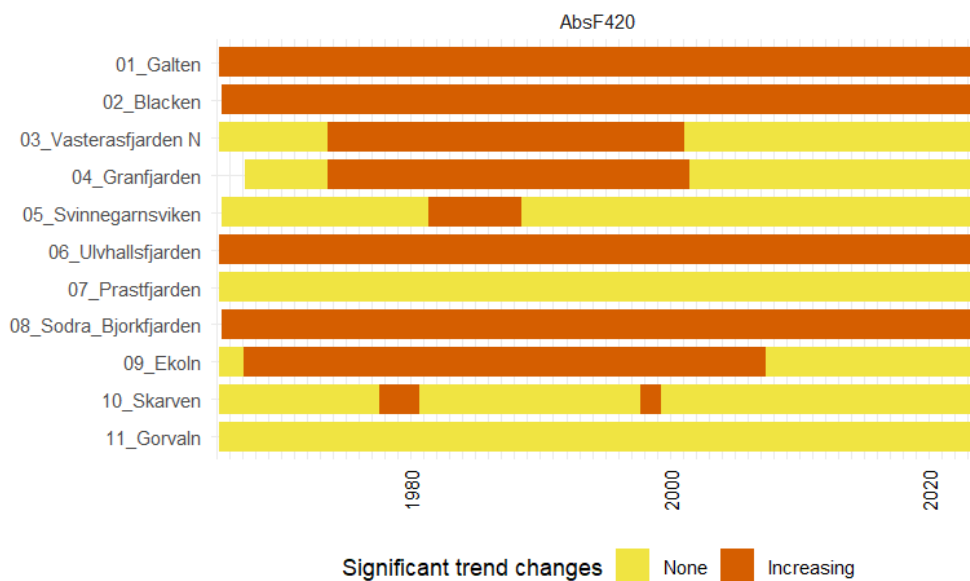


Figur 25. Årlig vattenföring vid Mälarens utlopp i Norrström, Stockholm. Källa: SMHI.

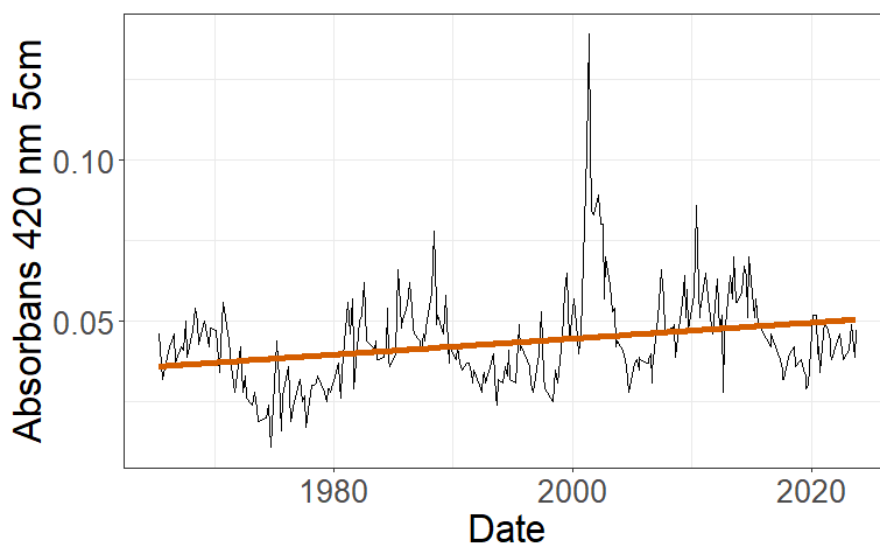
Vid en jämförelse med vattenföringsdata (Figur 25) verkar konduktiviteten och mängden joner öka vid minskande vattenföring och tvärtom, men kopplingen är komplex eftersom det spelar stor roll när på året nederbörden och avrinningen kommer och om den blir som ytavrinning eller via marken. Det är också stor skillnad mellan de 11 stationerna i Mälaren med mycket större variation i vattenkemiska data för de stationer som har kort omloppstid och ligger nära större åar, som i Galten och Ekoln än för Prästfjärden och Södra Björkfjärden med relativt lång omloppstid för vattnet.

5.3 Vattenfärg

Även vattnets färg har långtidsvariationer på flera år som kan kopplas till nederbörd och hög avrinning från land genom humusrika marker. I Mälaren är vattenfärgen vanligtvis hög när konduktiviteten är låg och tvärtom. För vattenfärg är det för de flesta stationerna även en ökande trend över hela tidsperioden på nästan 60 år (Figur 26) trots en tydlig flerårsvariation exemplifierat från Södra Björkfjärden (Figur 27). I stora delar av Norden ökar vattenfärgen i sjöar och vattendrag och det anses bero på en kombination av klimatförändring, skogsbruk och återhämtning från försurning.



Figur 26. Lasagnediagram som visar hur vattenfärgen mätt som absorbans vid 420 nm förändras sig över tid för 11 Mälarestationer. Signifikanta ändringar i rött (ökande).

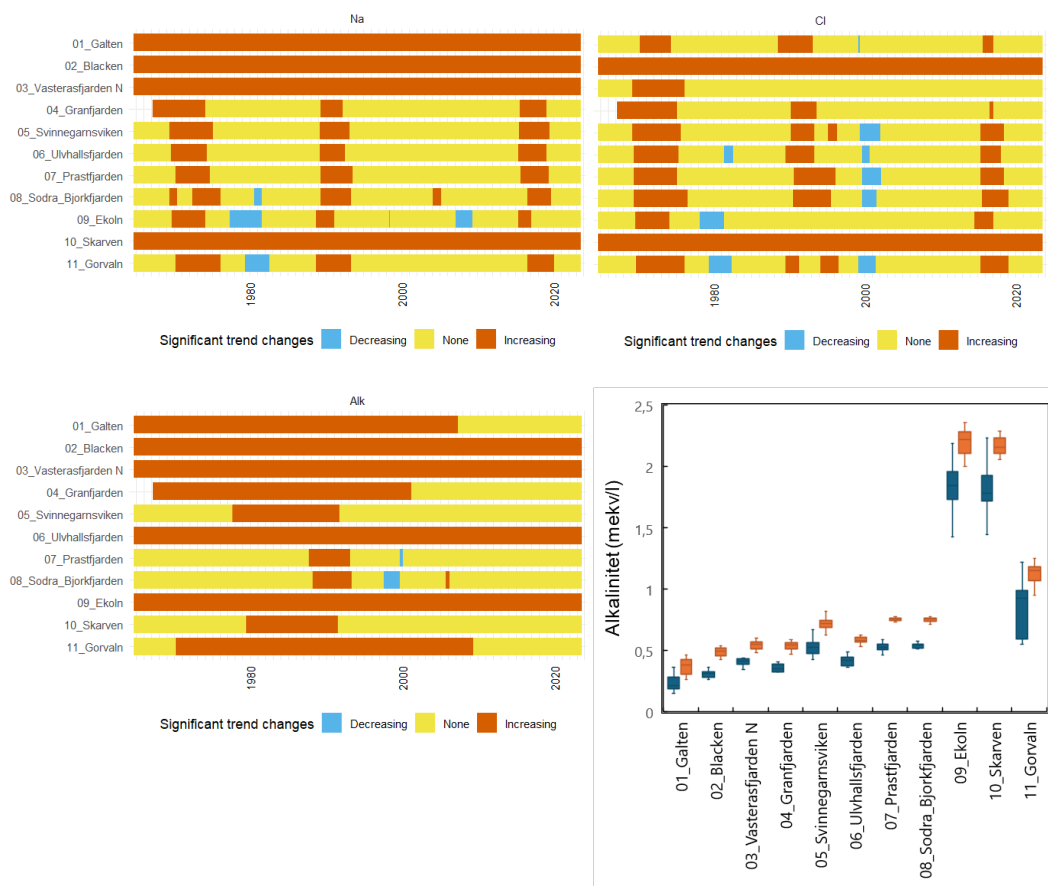


Figur 27. Vattenfärg, absorbans vid 420 nm, uppmätt för Södra Björkfjärdens ytvatten sedan 1964.

5.4 Alkaliniteten ökar

Förutom att ha långtidsfluktuationer som sträcker sig över flera år uppvisar också flera parametrar ökade halter som helhet. Det gäller till exempel natrium och klorid, samt alkalinitet (Figur 28). Att natrium och klorid ökar kan bero på både naturlig vittring från de jordar med marint ursprung som dominerar i Mälardalen men bero på påverkan från vägsalt och avlopp (SGU 2023).

Alkalinitet är ett mått på vattnets buffrande förmåga och halterna i Mälaren har alltid varit tillräckliga för att buffra mot effekter av surt regn. Alkaliniteten är mycket hög i Mälarbassängerna Ekoln och Skarven som avvattnar kalkrika lerjordar nordöst (Figur 28, låddiagrammet). När försurande ämnen i nederbörden nu minskat, särskilt av svavel, syns det även i Mälaren att buffringsförmågan ökat.

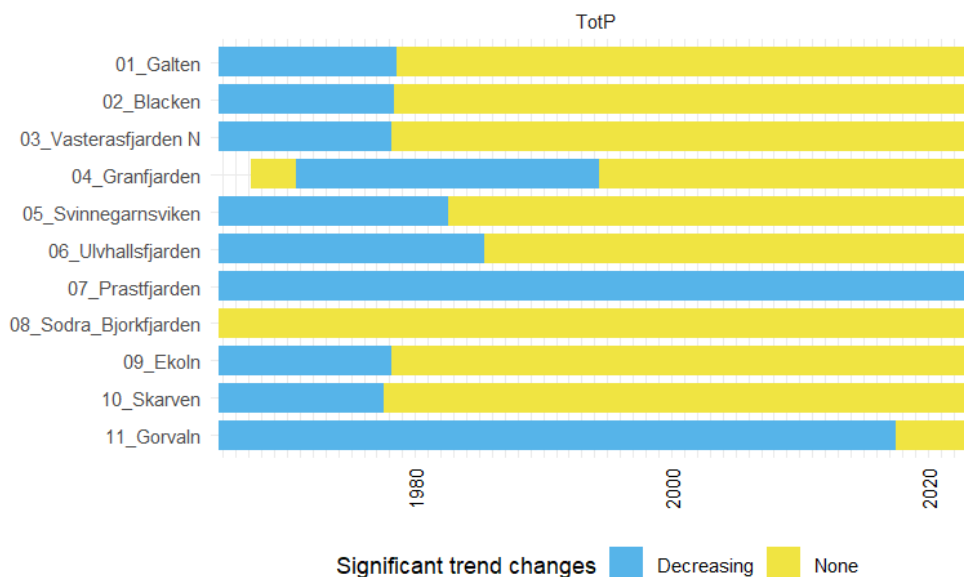


Figur 28. Lasagnediagram som visar hur natrium, klorid och alkalinitet förändras över tid för 11 Mälarestationer. Signifikanta ändringar i rött (ökande) och blått (minskande). Alkaliniteten i Mälaren jämförs för två perioder 1965–1969 i blått och 2019–2023 i orange med s.k. låddiagram där lådans motsvarar hälften av värdena och undre och övre kanten visar 25 och 75 percentilerna medan linjen i mitten visar medelvärdet. De utstickande linjerna visar spridningen i form av 5 och 95 percentilerna.

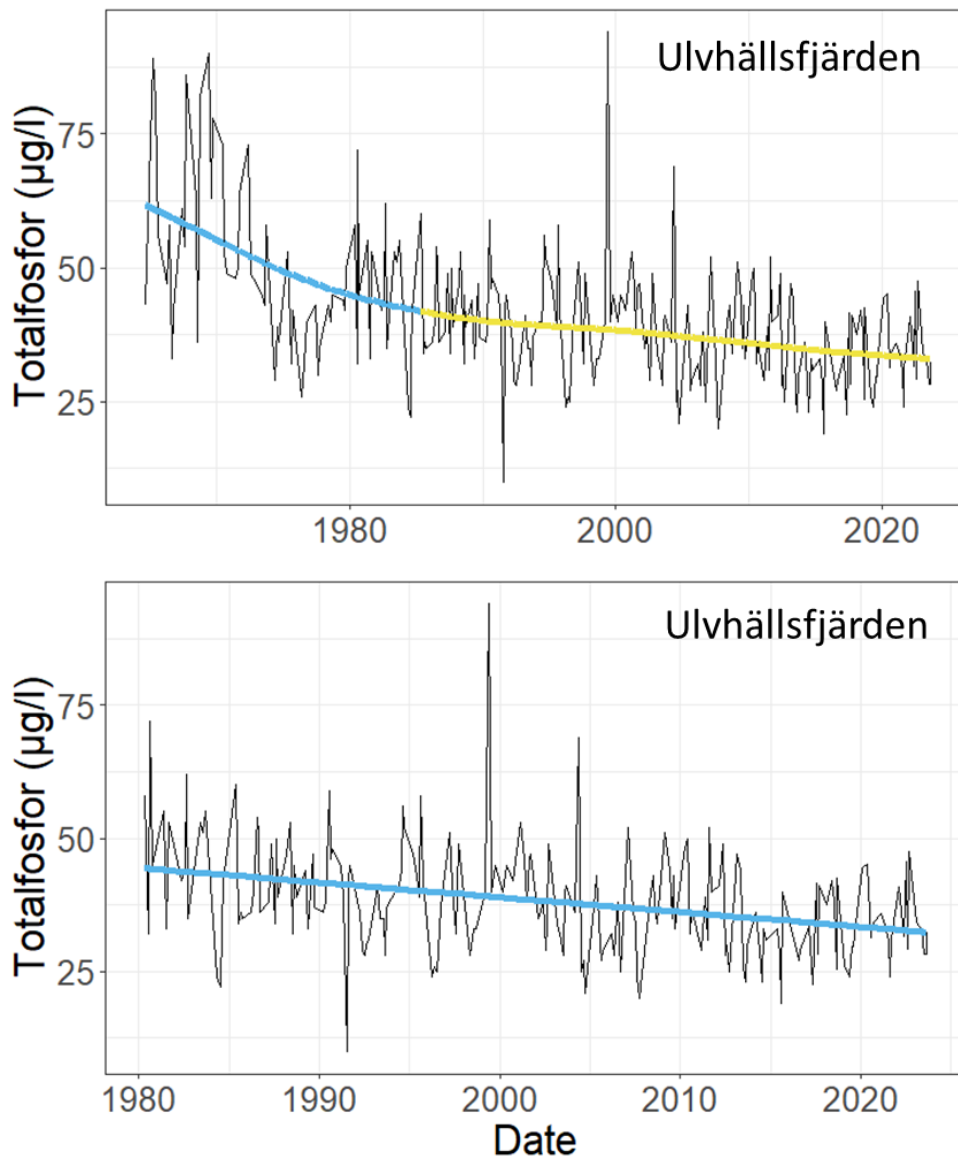
5.5 Näringsämnen har minskat

Övergödningsproblematiken var den största anledningen till att övervakningen i Mälaren kom i gång och flera olika typer av åtgärder har gjorts genom åren för att minska belastning från punktkällor, särskilt avloppsreningsverken som på 1970-talet allmänt började fälla fosfor samt senare byggde till kvävereningssteg. Åtgärder för att minska belastning från jordbruk genom mer optimal gödsling och brukning av jorden för att minska förluster är ytterligare viktiga åtgärder som pågår. Ytterligare åtgärder görs i avrinningsområdet för att minska näringsförluster från marken men det är inte längre lika lätt att minska halterna av näringsämnen i sjön. Befolkningen har också ökat runt Mälaren sedan 1960-talet vilket är en utmaning eftersom utbyggnad behövs av bland annat avloppsreningsverk och fjärrvärmeverk med rökgasrening (där hälsofarliga kvävehaltiga rökgaser hamnar i vätskefas och i stället påverkar akvatiska ekosystem).

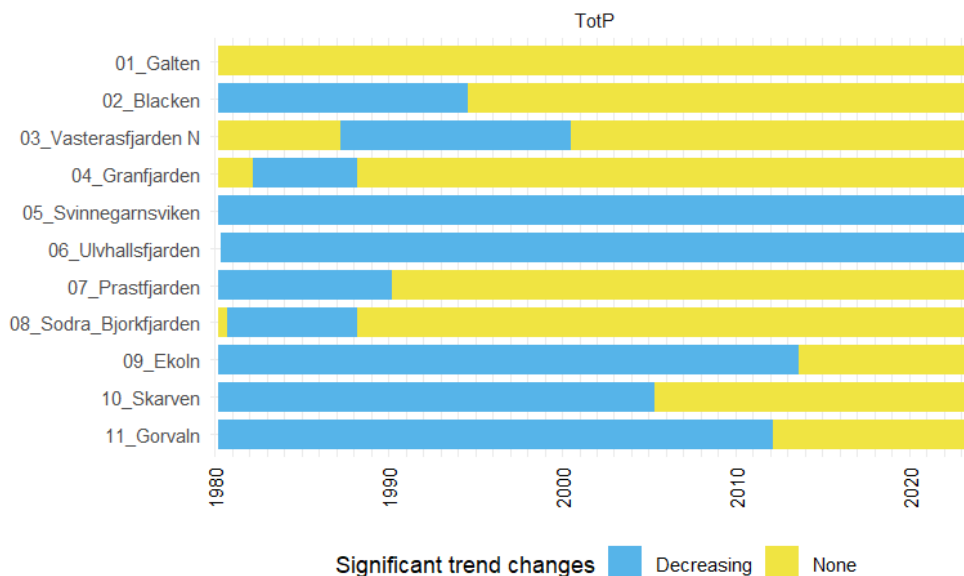
Trendanalyserna visar att minskningen av växtnäringsämnet totalfosfor är störst i början av perioden (Figur 29). För att se om det fortfarande minskar signifikant efter den första stora minskningen på 1960- och 1970-talet gjordes analysen om med resultat endast från 1980 och framåt, vilket visade att minskningen fortsätter och att åtgärderna fortsatt gör nytta (Figur 30, Ulvhällsfjärden som exempel och Figur 31, alla stationer).



Figur 29. Lasagnediagram som visar hur näringsämnet totalfosfor förändrar sig över tid för 11 Mälärstationer. Signifikanta ändringar i blått (minskande).

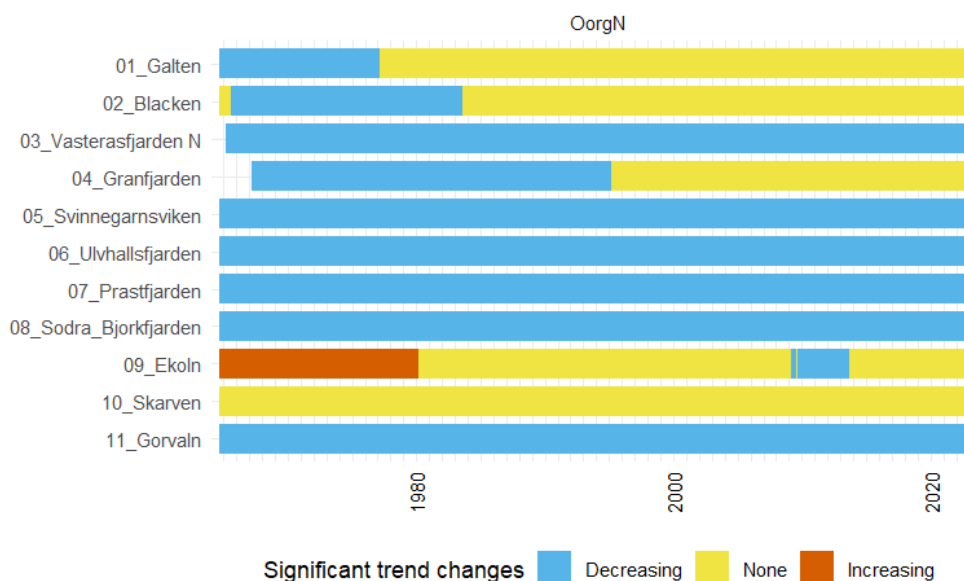


Figur 30. Förändring av totalfosfor över tid för Ulvällsfjärden som visar att en stor minskning i början av perioden (övre diagrammet) gör den statistiska analysen så att inte mindre förändringar senare blir signifikanta. En ny analys för perioden 1980 till 2023 (nedre diagrammet) visar att minskningen fortsätter under hela perioden.

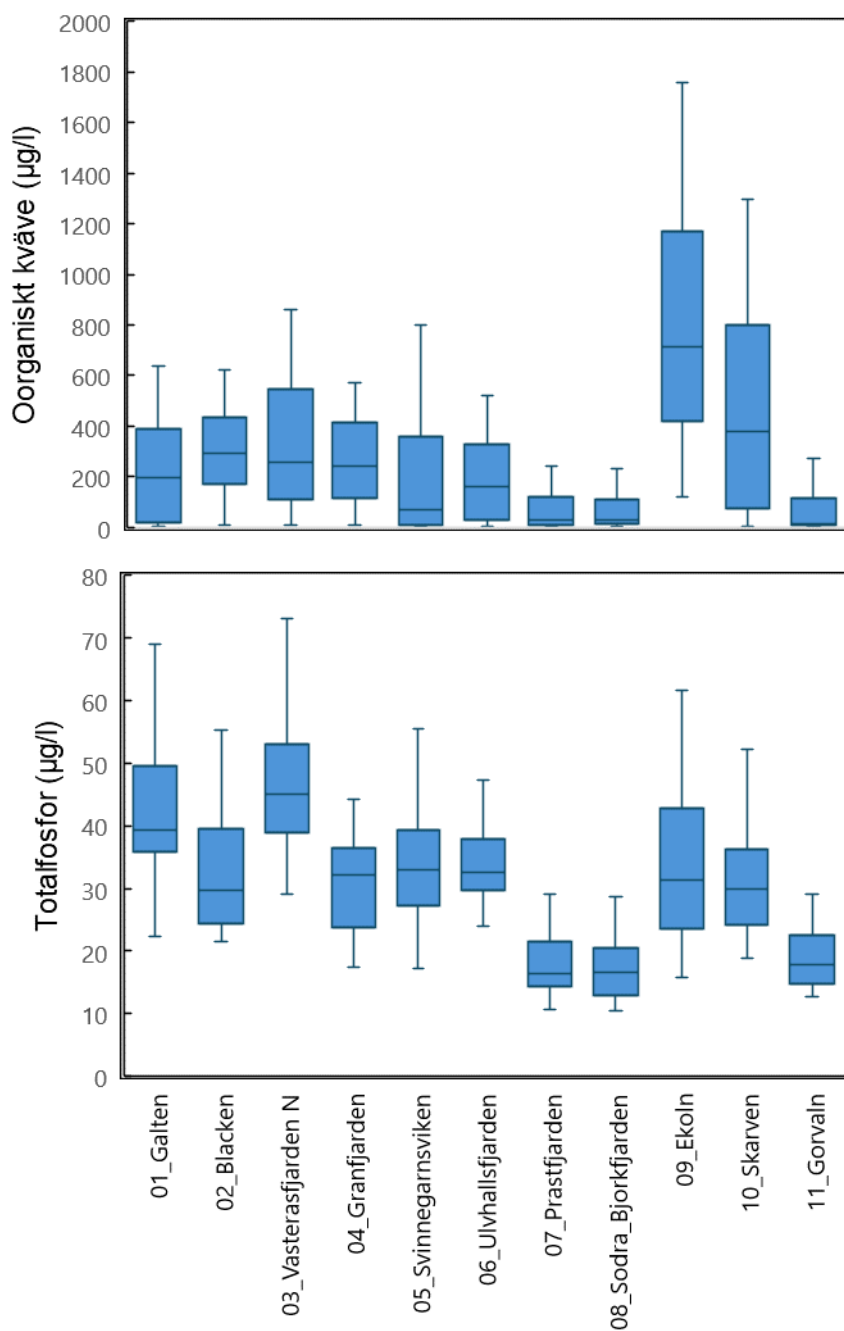


Figur 31. Lasagnediagram som visar hur näringsämnet totalfosfor förändrar sig över tid för 11 Mälarestationer. Signifikanta ändringar i blått (minskande). Analysperiod från 1980 till jämföra med hela perioden i Figur 29.

Kväve är också ett viktigt växtnärsämne i sjöar. I Mälaren minskar halterna av oorganiskt kväve för de flesta stationerna (Figur 32). Oorganiskt kväve är summan av fraktionerna ammonium-, nitrit- och nitratkväve. De fraktionerna är alla mycket lätta för växtplankton och andra växter att ta upp. Ekoln är den station som har högst halter av kväve (Figur 33). Där ökade halterna av kväve under många år (Figur 32) men nu har trenden vänt även om halterna fortfarande är mycket högre än vid övriga stationer. Skarven som får huvuddelen av sitt vatten från Ekoln har också mycket höga halter av oorganiskt kväve (Figur 33).



Figur 32. Lasagnediagram som visar hur oorganiskt kväve förändrar sig över tid för 11 Mälarestationer. Signifikanta ändringar i blått (minskande) och rött (ökande).

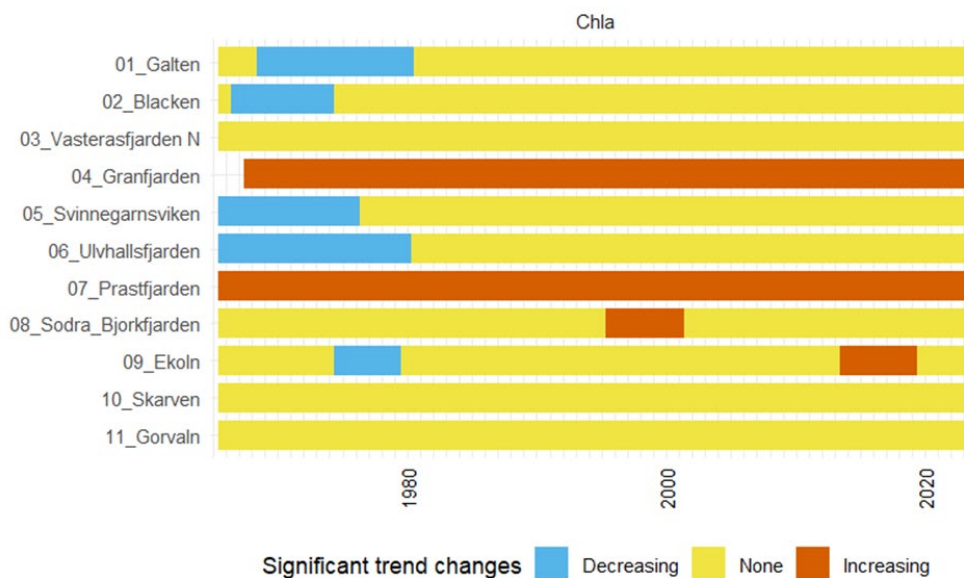


Figur 33. Halter av oorganiskt kväve och totalfosfor i Mälaren för åren 2018 t.o.m. 2023, visade som låddiagram där lådan undre och övre kanter visar 25 och 75 percentilerna medan linjen i mitten visar medianvärdet. De utstickande linjerna visar spridningen i form av 5 och 95 percentilen.

För jämförelse med halter av oorganiskt kväve är totalfosforhalten högre i västra än norra delarna av Mälaren med högst halter i Västeråsfjärden norra (Figur 33). Ekoln har totalfosforhalten som ligger som majoriteten av stationerna runt 30 µg/l.

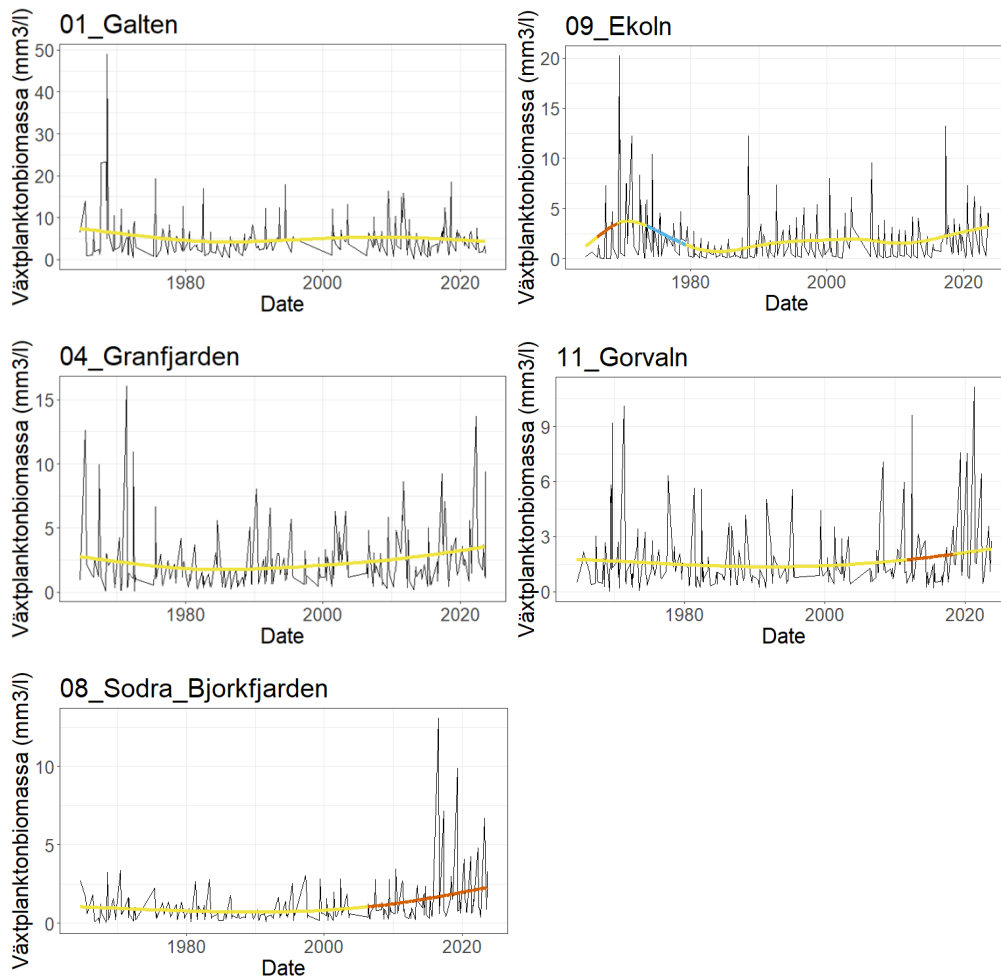
5.6 Växtplankton – trender i tolv och fem fjärdar

Växtplankton blev tidigt förknippade med övergödningsproblematiken i Mälaren då de cyanobakterier som tillhör gruppen bidrog med kraftiga blomningar sommartid i flera av Mälarens bassänger. Växtplankton har analyserats som klorofyllhalt från ytvattnet i Mälaren sedan 1964. Klorofyllhalten minskar endast i fem av stationerna och endast i början av perioden, innan 1980 (Figur 34). Dessutom ökar klorofyllhalten stadigt i både Granfjärden och Prästfjärden.



Figur 34. Lasagnediagram som visar hur växtpigmentet klorofyll förändras över tid för 11 Mälarestationer. Signifikanta ändringar i blått (minskande) och rött (ökande). Vinterprovtagningstillfället inte med i analysen, endast maj, juli, augusti och september.

Växtplanktonresultat analyserade med mikroskop finns för färre stationer, och här är det Södra Björkfjärden och Görvältn som har signifikanta ökning av växtplankton (Figur 35). I dessa tre stationer är det cyanobakterier som står för ökningen och de höga halter av växtplankton som påträffats efter 2018. Flera typer av växtplankton kan motverka de låga halter av näringsämnen i ytvattnet man åstadkommit genom lyckade åtgärder genom att vertikalkvandra och därmed kunna plocka med sig näringsämnen från bottensedimentet eller mer näringsrikt bottenvatten. Cyanobakterier gynnas av även av varmt vatten och denna kombination gör att det kommer att bli en utmaning att hålla cyanobakterieblomningar nere i framtiden.

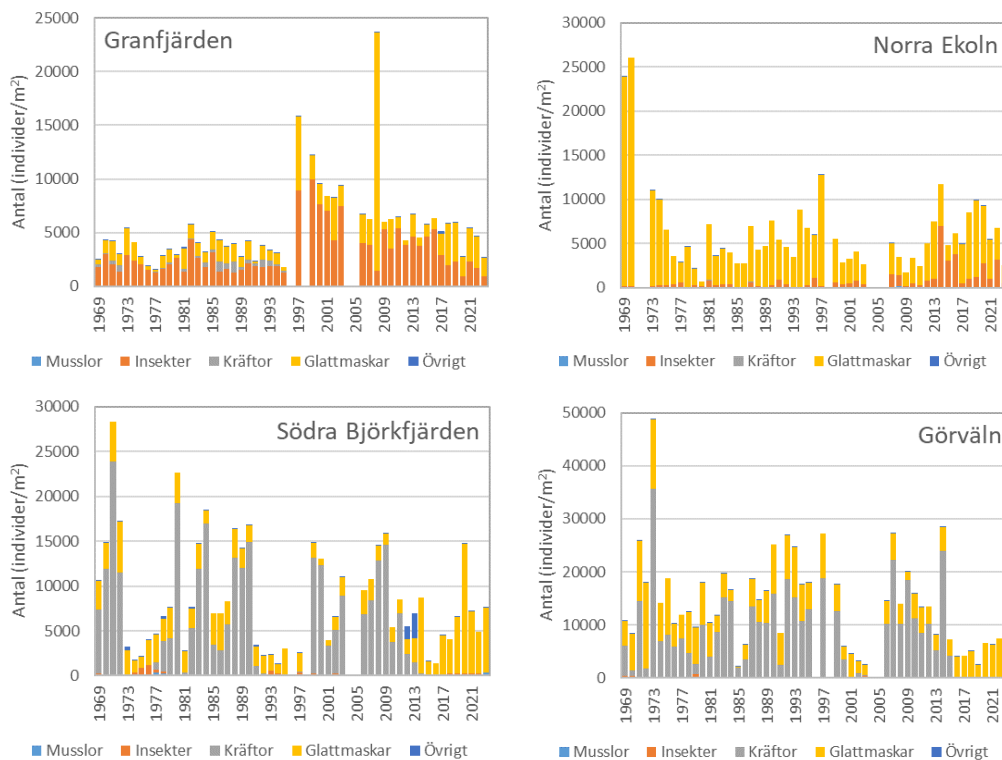


Figur 35. Västplanktonbiomassa vid fem Mälärstationer från 1964 t.o.m. 2023. Svart linje visar biomassa. Den statistiska analysen baserad på additiva modeller visar med röd linje signifikant ökande trend, med blå linje signifikant minskande trend samt med gul linje ingen signifikant förändring. Ingående månader i analysen är maj, juli-september.

5.7 Bottenfauna – trender i fyra fjärdar

Bottenfauna har sedan 1969 provtagits så gott som årligen i Mälaren vid fyra av de fem lokaler som ingår nu (Figur 36). Det är bara Galten som inte har en lång tidsserie för bottenfauna. I Granfjärden ändrades platsen efter 1996 års provtagning och den nya lokaler har fler organismer per kvadratmeter men bottenfaunasamhället domineras precis som tidigare av fjädermygglarver och glattmaskar. Tendensen är minskade antal djur per kvadratmeter på senare år. Ekolns lokal nära Fyrisåns mynning är påverkad från Uppsala och har alltid dominerats av glattmaskar. På senare år finns det dock mer fjädermyggor av toleranta sorter som klarar låga syrgasnivåer. Både Södra Björkfjärden och Galten har tidigare haft mycket märkräfter, särskilt *Monoporeia affinis* (vitmärla) men även *Pallaseopsis quadrispinosa* (taggmärla). Den tidigare mycket vanliga

vitmärlan har inte hittats inom detta programs provtagning sedan 2019. I Görväln har arten inte hittats i proverna sedan 2015.



Figur 36. Stapeldiagram med de vanligaste grupperna av bottenfauna vid fem lokaler i Mälaren sedan 1969. År utan staplar saknar data. I figurerna har värden från 2014 från Miljödata-MVM räknats om då de var tio gånger för höga och inte stämde med rapporten från det året där endast antal per hugg redovisades.

Tidserierna i de båda fjärdarna visar att populationen av märlor kan fluktuera kraftigt (grå staplar, Figur 36). Perioder med lite märkräftor har inträffat tidigare i Södra Björkfjärden åren 1973–1976, 1991–1997 samt nu efter 2015. I Görväln har det i stället varit låga antal 2001–2003 samt efter 2016. Det bekymrar oss att de uteblivit helt från prover i både Södra Björkfjärden och Görväln där de tidigare varit mycket talrika. Eftersom dessa märlor bara lever i två till tre år hoppas vi att de finns på andra lokaler i Mälaren så att de har möjlighet att återkolonisera. Flera av märkräftorna är ishavsrelikter och känsliga för värme förutom att de kräver bra syrgasförhållanden. Vitmärlor trivs inte i temperaturer över 11 grader, och det bör inte vara något problem i dessa båda fjärdars bottenvatten som håller sig under ca 8–9 grader även i slutet av sommaren samtidigt som syrgasnivåerna är tillräckligt höga. Möjligtvis kan kallvattensarter av fisk äta ner bestånden under långa varma somrar med lång period av temperaturskiktade förhållanden när de stängs in länge i det kalla bottenvattnet, men om det är orsaken i detta fall är oklart. SLU har precis beviljats bidrag från Havs- och vattenmyndigheten för att provta flera delbassänger i östra Mälaren hösten 2024 för att undersöka populationen av

kräftdjur närmare. Vitmärlor missas i den provtagning med håv som görs nattetid i ett projekt för att övervaka andra ishavsrelikta kräftdjur eftersom vitmärlor inte gärna lämnar sedimentytan och simmar fritt nattetid som de andra ishavsrelikta kräftdjuren gärna gör.

6. Rekommendationer

Efter att ha mätt syrgas och temperatur i djupprofiler vid samtliga 33 stationer vid augustiprovtagningarna några år har vi nu bättre kunskap om vilka vattenförekomster som temperaturskiktas under sommaren. De som inte gör det har höga syrgashalter hela sommaren och behöver ingen sådan djupgradient uppmätt. Småvikar kan dock ha problem med syrgasbrist vintertid under is och förbundet bör överväga om en sådan vinterprovtagning bör läggas till för att få denna kunskap om dessa vattenförekomster. Flera djupa stationer har syrgasbrist i bottenvattnet sommartid och det bör övervägas att göra en syrgasbrist-karta över Mälaren, särskilt de östra djupa delarna eftersom syrgasbrist påverkar både näringsomsättning och viktiga kallvattensarter av bottendjur och fisk.

När sommartemperaturer råder även i september som är den sista provtagningsmånaden för året blir det inte möjligt att veta hur länge temperaturskiktningen pågår. Det bör övervägas att mäta djupprofiler av temperatur och syrgas även i oktober, särskilt vid stationer med syrgasbrist.

När de gäller organismerna som ingår i programmet är det främst för bottenfaunan kunskapsläget är för dåligt. Det bör övervägas att lägga till en provtagning för bottenfauna vid station Prästfjärden eftersom det är en av få lokaler som bör ha bra förhållanden för kallvattensarter som till exempel vitmärlor.

Eftersom det är ett nytt problem med invasiva småkräftdjur i Mälaren ([Bjelke 2024](#)) vore det också bra att lägga till bottenfaunaprovtagning av strandzonen i östra Mälaren för att öka kunskapsläget inför väntad expansion av bottenytan som dessa arter lyckas erövra. Inblandande länsstyrelser har säkert sådana planer och MVVF bör vara en bra samarbetsyta för kunskapsspridning inom detta område. Man bör i så fall räkna ut det möjliga kolonisationsområdet baserat på kunskap om dessa kräftdjurs krav på till exempel en viss kalciumhalt så att även provytor utanför dessa halter täcks in som referensytor samt att man bör planera ihop sig med den provtagning som redan börjat göras i de områden så att nya provtagningsplatser kompletterar de som redan är provtagna och visats drabbade av dessa nya arter av kräftdjur.

7. Forskningsprojekt

Flera forskningsprojekt med Mälarkoppling har pågått under den period som SLU och MVVF samarbetat. När några år gått sedan ett projekt avslutats har resultaten hunnit sjunka in och nyttan och utmaningarna utkristalliserats. I år har vi därför låtit forskarna svara på några frågor om de projekt som vi redan presenterat i tidigare Mälarrapporter som ger dem möjlighet att reflektera över resultaten utifrån miljönyttan för Mälaren och MVVF:s perspektiv. Frågorna som ställdes var:

- Vad var det mest överraskande resultat från forskningsprojektet?
- Vad går du/ni vidare med efter projektet och undersöker mer? Eller vad vill ni undersöka mer om ni får möjlighet?
- Vilka resultat från projektet skulle du säga är viktiga för MVVF:s medlemmar och Mälaren?
- Vad skulle MVVF kunna arbeta vidare kopplat till projektet för att förhållandena i och kring Mälaren ska bli ännu bättre?

7.1 Jordbruksbäckar får högre biologisk mångfald med trädbevuxna kanter

Projektet fokuserade på den bäcknära zonen för att få ökad kunskap om kopplingen mellan land och vatten i denna zon. Särskilt undersöktes hur jordbruksbäckar och åar påverkas av hur omgivningen ser ut.

Projektledaren **Brendan McKie** berättar att det mest överraskande resultatet var att så många miljö- och biodiversitetsvariabler förbättrades i trädbevuxna delar av jordbruksbäckar, från sedimentation av mineralpartiklar till temperaturextremer och biodiversitet hos både vatten- och landlevande smådjur som insekter och skalbaggar. Brendan berättar vidare att man samlade in mängder med data och att publikationer fortsätter komma ut från projektet som pågick 2016–2020. Alla resultat och tips samlas på webbsidan: <https://www.riparianbuffers.com/>.

Det har visat sig att återplantering av träd vid bäckar kan vara kontroversiellt i Sverige, på grund av oro för hur träd kan påverka vattentillgången och översvämningensrisken. Således är utformningen av strandnära skogs nätverk viktig. Var är det optimalt att ha kantskog för att maximera vinster för miljön och

biologisk mångfald samtidigt som man minimerar förlust av produktiv mark eller för den delen andra viktiga naturtyper som strandängar i landskapet? Jag tror att i ett Mälarperspektiv skulle det vara bra att kunna visa på vilken potentiell vinst i miljö och ekologisk status det är med skog i bäcknära zonen, fortsätter Brendan. I framtiden blir det allt viktigare med skogens möjlighet att klimatsäkra bäckmiljön mot temperaturextremer genom skuggning av vattnet.

Genom projektet kunde vi ge tydliga bevis på hur övergången från obeskogade till skogbevuxna bäckavsnitt över en liten rumslig skala (hundratals meter per bäck) resulterade i förbättringar i bäckmiljön och den biologiska mångfalden, och jag skulle vilja se dessa resultat komma med i debatten kring återplantering av sådana kantskogar i Sverige. Alla initiativ för att återplantera skog nära sötvattensekosystem av stort intresse för oss.

Jag skulle verkligen vilja följa ett verkligt strandbeskogningsprojekt för att kunna bedöma effekter som uppstår när skogen etablerar sig för att kunna mäta hur snabbt det går att se positiva effekter, men även för att vara med och kartlägga möjliga negativa avvägningar, avslutar Brendan Mckie.

7.2 Verktyg för att optimera våtmarkers placering i jordbrukslandskapet

Inom flera projekt och särskilt inom LIFE IP Rich Waters, som startade 2017 och avslutas under 2024, har det varit flera projekt kopplade till att utveckla en modell för att kunna beräkna var i jordbrukslandskapet våtmarker bör ligga samt hur stora de behöver vara för att minska näringsläckage till sjöar och vattendrag. **Faruk Djodjic** berättar att det mest överraskande vid starten av projektet var att trots att det anlagts våtmarker för näringsretention i drygt 30 år så fanns det inte tillräckligt underlag från dessa för att hjälpa myndigheter och andra verksamma inom området att anlägga kostnadseffektiva våtmarker. Projektet utvecklade en trestegsmodell för att underlätta beräkningen av anlagda våtmarker effekt på reduktion av fosfor. Efter projektet har vi vidareutvecklat modellen och inkluderat kväve och uppdaterat modellen med mer data, fortsätter Faruk. För MVVF:s medlemmar och Mälaren finns resultaten i en så kallade Story Map för hela Mälarens avrinningsområde, Norrström, tillgänglig där våtmarksberäkningen ingår (<https://arcgis.com/1HC001>). Den kan underlätta för markägare och myndigheter som jobbar med åtgärdsarbete för att minska övergödningen. Jag hoppas att denna Story Map används som underlag och i diskussioner för att optimera våtmarksplanering, avslutar Faruk Djodjic.

7.3 Målen för minskad näringsbelastning nås bäst genom platsspecifika beslutsunderlag och långsiktigt åtgärdsarbete

I detta projekt beräknades potentiella effekter av åtgärdsprogram för att minska näringsförlusterna från land och nå god ekologisk status i tre avrinningsområden i Polen, Finland och Sverige (Fyrisån). Det mest överraskande resultatet från modelleringen i detta projekt var att det tar sådan tid att minska näringsförluster från diffusa källor, berättar **Faruk Djodjic**. Det gör att det blir än viktigare att utveckla beslutsunderlagen för att kunna möjliggöra den bästa placeringen på motåtgärder. Underlaget behöver var platsspecifikt och allmänt tillgängligt. Man behöver också fördela resurserna på ett smart sätt för att nå målet.

För Mälaren och MVVF är det viktigt att fortsätta med det strategiska och långsiktiga arbetet med åtgärdsprogram och att arbeta för en bred implementering av olika åtgärder för att minska näringsförluster från alla antropogena källor, avslutar Faruk.

7.4 Hur leran och fosfor hänger ihop från åker till sjö

Sara Sandströms doktorandprojekt och avhandling som blev klart 2022 hade som huvudsyfte att ge en djupare förståelse för sambandet mellan eroderade markpartiklar från jordbruksmark och fosfor genom att titta på suspenderade jordpartiklar i små jordbruksbäckar. Några av huvudresultaten var att suspenderat material (slamhalt) fungerar som en vektor för fosfortransport, eftersom fosfor binds till lerpartiklar, samt att den partikelbundna fosfor och dess biotillgänglighet varierar med säsong. Detta är viktigt att veta för att kunna fokusera åtgärder där de har störst nytta.

Det mest spännande resultatet var hur biotillgängligheten av partikelbunden fosfor varierade med säsong, och hur vi kunde visa liknande mönster i alla de bäckar vi studerade. Det mest överraskande resultatet däremot var i den sista studien i avhandlingen där vi tittade på trender i Mälarens tillflöden av olika näringsämnen och bara kunde identifiera några få signifikanta förändringar. Vi kunde inte heller koppla resultaten tydligt till implementerade åtgärder, berättar Sara. Med mer finansiering skulle jag vilja titta mer på och försöka koppla fosfor i jordbruksmarken till fosfor som hamnar i vattendragen. Nu kan vi inte hitta tydliga kopplingar mellan fosforkoncentrationen i marken och fosforkoncentrationen i utloppet till vattendraget. Vi kan däremot identifiera tydliga kopplingar mellan lerhalt i jordbruksmarken, slamhalt i vattnet samt fosforkoncentration i vattnet. Här skulle jag vilja undersöka fler steg och

identifiera vad som händer med fosfor längs vägen, från erosionsprocessens start tills det att partiklarna och fosfor hamnar i vattendraget, samt vilken roll bankerosion har i den här transporten. Kommer stora delar av fosforkoncentrationen i vattnet från den bäcknära zonen eller inte?

De tydliga kopplingarna vi har identifierat mellan slamhalt och fosforkoncentration i vattendragen som gäller både för små jordbruksområden, och för större avrinningsområden, där vi också ser att lerhalt i marken och andel jordbruksmark är viktiga faktorer för dessa två vattenkvalitetsparametrar. Detta pekar på att det är viktigt att fokusera åtgärder mot fosforförluster (och partikelförluster) i leriga jordbruksområden för att motverka övergödningen i tillrinnande vattendrag till Mälaren, men även i Mälarens närområde. Även resultaten från den sista studien kring trender i Mälarens avrinningsområde är viktiga. Resultaten visar att det är viktigt att åtgärder utförs på rätt plats och är optimalt utformade för att en effekt ska kunna upptäckas i vattendragen, och att högfrekvent övervakning är viktig för att trender och förändringar ska kunna upptäckas. För Mälaren och MVVF är det viktigt att fortsätta med miljöövervakningen, samt att lägga åtgärder på rätt plats. Detta för att få en tydligare förändring och förbättring av våra vattendrags ekologiska tillstånd, vilket även i förlängningen förbättrar Mälarens tillstånd och leder vägen mot minskad övergödning, avslutar Sara Sandström.

7.5 Sjörestaurering genom att fälla fosfor med aluminium

I min forskning som doktorand arbetade jag med att närmare förstå hur övergödda sjöar kan restaureras, särskilt med hjälp av mineral tillsättning i form av aluminium, berättar **Oskar Agstam-Norlin**, som disputerade 2022. Detta för att inaktivera sedimentfosfor och motverka internbelastning, som i många fall driver sjöars övergödning. Det mest överraskande i mina studier var att inse att effektiviteten av en aluminiumbehandling kan variera med en faktor av mer än 20. Det vill säga vissa sjöar kräver 20 gånger mer mineral för att binda och inaktivera samma mängd fosfor. Det påvisade vikten av att i detalj förstå och modellera den unika sjöns egenskaper innan en aluminiumbehandling utförs för att säkerställa ett effektivt resultat. Med rätt kunskap om den specifika sjön är aluminiumbehandling en effektiv restaureringsmetod, såväl praktiskt som ekonomiskt. Vi har nu kommit mycket långt i förståelsen för att åstadkomma effektiva aluminiumbehandlingar och i vilka fall denna metod är den bäst lämpade, fortsätter Oskar.

Forskarna tillsammans med utförande företag i Sverige representerar var utvecklingsfronten är inom sjörestaurering med mineralanvändning för inaktivering av fosfor och minskad internbelastning. Vi har därför ett ansvar att fortsätta att utveckla och sprida våra metoder och kunskaper. Ett steg i detta har varit att genom ett Baltic Sea Interreg EU-projekt i Lettland, TRUST ALUM, visa våra metoder och lära andra länder att orientera sig i olika utmaningar gällande aluminiumbehandling. I Riga-trakten pågår just nu ett restaureringsprojekt där den ”svenska” tekniken och kunskapen tillämpas och testas i annat lands situation. För MVVF:s medlemmar och Mälaren är det faktum att vi i Sverige har långtgående kunskaper och praktiska möjligheter att effektivt restaurera vattenförekomster viktigt att ta vara på eftersom näringsämnen från mindre sjöar i avrinningsområdet till slut når större vatten som till exempel Mälaren. MVVF skulle kunna arbeta vidare med att kontrollera närsalter som fosfor från övergödda sjöar i avrinningsområdet innan de når Mälaren. Övergödningen i en långt uppströms sjö kommer till slut att påverka Mälaren. Vi bör fortsätta att utvärdera denna teknik för att restaurera vattenförekomster, nya insikter ger oss vassare verktyg mot övergödning och internbelastning, avslutar Oskar Agstam-Norlin.

7.6 Trots stor utspädning finns det organiska mikroföroreningar i Mälaren

Oksana Golovko berättar från undersökningarna av organiska mikroföroreningar i Mälaren att det mest förvånande resultatet var att så många ämnen kunde detekteras trots stor utspädning och relativt snabb vattenomsättningen i Mälaren. Efter studien tar vi tillsammans med Naturvårdsverket fram en bevakningslista för dessa ämnen och fortsätter att studera ämnena i några av tillflödena som ingick i det tidigare projektet som inkluderade Vänern och Vättern. Vi hoppas att MVVF har möjlighet att fortsätta övervaka de ämnen som kommer på bevakningslistan så att ni kan hjälpa till att bidra till kunskapen om var dessa ämnen kommer ifrån, deras halter i naturvatten och deras ekologiska effekter, avslutar Oksana.

7.7 Jakten på okända miljögifter

Eftersom många organiska ämnen som produceras och används i samhället omvandlas till stabila nedbrytningsprodukter är det viktigt att öka kunskapen om både moderssubstanserna och dessa så kallade transformationsprodukter, som har snarlik molekylstruktur men oftast okänd toxisk effekt på människan och miljön. **Frank Menger** studerade flera av dessa ämnen i sin avhandling från 2021 med fokus på svårnedbrytbara halogenerade ämnen, transformationsprodukter från bekämpningsmedel och biotillgängliga mikroföroreningar vattenmiljön i sin

avhandling. Mest förvånande var att flera provtagningsplatser var påverkade av okända punktkällor som läckte ut dessa ämnen, till exempel vissa biflöden till Fyrisån. Detta visar att även till exempel småindustrier och enskilda avlopp kan vara viktiga punktkällor i regional skala, förutom välkända utsläpp från avloppsreningsverk. I ett efterföljande projekt hade jag möjlighet att undersöka olika typer av punktkällors utsläpp av persistenta och mobila ämnen, berättar Frank. Resultaten visade återigen behovet av att bättre förstå effekterna av olika typer av orsaker till att organiska mikroföroreningar hamnar i naturen. Att identifiera nya kemikaliehot är en viktig uppgift för att säkerställa ett säkert dricksvatten och en hälsosam miljö i och kring Mälaren. Det finns tydliga indikationer på att den lokala och tidsmässiga variationen kan vara stor, vilket gör miljöövervakning för att följa dessa ämnen över tid och dricksvattenrening till utmanande uppgifter. Jag hoppas att MVVF:s strategiska miljöarbete kan hjälpa till att identifiera nya kemiska hot och okända punktkällor för att förhindra att föroreningar sprids i naturen och når Mälaren och dess dricksvatten, avslutar Frank.

7.8 God vattenkvalitet från källa till kran en utmaning

I och med att vi studerade vattenkvalitet från källa till kran, i projektet SafeDrink under 2015–2018, kunde vi konstatera att halterna av oönskade organiska miljöföroreningar förändrades längs vägen, berättar **Karin Wiberg**. Det var dock till viss del överraskande att de konventionella teknikerna för dricksvattenrening var så ineffektiva. Förändringen från rå- till dricksvatten var mycket liten. Dock ska man notera att halterna i allmänhet var ganska låga. En annan viktig och lite oväntad observation var att dricksvatten kan ge en betydande exponering för PFAS även vid relativt låga halter eftersom dricksvatten är något vi får i oss mycket av.

SafeDrink har lett vidare till ett stort antal nya forskningsprojekt, fortsätter Karin. Även ett antal screeningstudier har genomförts för att ta reda på mer om vattenkvaliteten i viktiga råvattentäkter och vilka föroreningskällor som orsakar oro. Flera projekt har gått vidare med cellbaserade tester, som kan ge svar på den toxiska effekten av de organiska miljöföroreningar som hittas i dricksvatten. Andra projekt har vidareutvecklat metoden där avancerad kemisk analys används för att identifiera vilka ämnen det är som triggar toxicitet. En annan viktig forskningsinriktning som tagit fart är innovativa behandlingstekniker, särskilt för PFAS som är en bekymmersam miljöförorening med gränsvärden som inte alltid kan mötas. Forskningen om exponering för PFAS via intag av dricksvatten har också gått vidare, med fler och säkrare rön kring betydande exponering för PFAS

även vid relativt låga halter. Ett projekt har studerat en metod för ranking av risker för oönskade kemiska ämnen i dricksvatten.

Eftersom Mälaren är dricksvattentäkt för ca 2 miljoner människor är alla resultat från SafeDrink och dess uppföljningsprojekt viktiga. Vi behöver veta mer om allt ifrån källor och vattenstatus till effektiva åtgärder och risker. Det behövs ännu bättre uppströmsarbete, till exempel skulle MVVF kunna göra en hjälp till med att kartlägga flöden av PFAS på lokal nivå och använda det till att göra en massbalansanalys för Mälaren, föreslår Karin.

Forskningen som bedrivs inom området organiska miljöföroreningar är beroende av specialiserade vattenanalyser och utveckling av nya analysmetoder. Samtidigt finns ingen basfinansiering för att driva ett kemiskt laboratorium som är inriktat på vattenkvalitet, med avseende både på antropogena ämnen och naturligt bildade toxiner (t.ex. algtoxiner). MVVF skulle kunna verka för att det inrättas ett kompetenscentrum med fokus på analys av oönskade kemiska ämnen i vatten, avslutar Karin Wiberg.

7.9 Antibiotikaresistensgener vanliga i recipientvatten nedströms kommunala reningsverk i Mälaren

Sedan upptäckten av antimikrobiella kemikalier på 1930-talet har dessa bioaktiva ämnen varit nyckeln till framgång för behandling av infektionssjukdomar, vilket har räddat otaliga liv. Men överdriven användning av antimikrobiella kemikalier kan göra att bakterier i miljön utvecklar resistens som en anpassning, och så småningom blir antibiotikan ineffektiv. Kontinuerlig tillförsel av antimikrobiella kemikalier till vattensystem från direkta (t.ex. avloppsutsläpp) och indirekta (t.ex. läckage från slamgödsland jordbruksmark) källor är oroande eftersom antimikrobiella kemikalier kan påverka recipienter negativt, t.ex. genom bildning av stabila omvandlingsprodukter som kan ha högre toxicitet än modersubstansen. **Foon Yin Lai** har studerat vilka resistensgener som hittas nedströms kommunala reningsverk i bland annat Uppsala, Eskilstuna, Västerås och Stockholm. Det fanns gener som visar på resistens till flera antiseptiska och antibiotiska ämnen i dessa vatten, även resistensgener till kvicksilver hittades.

Eftersom Mälaren är en dricksvattentäkt och även används för bad och fiske utgör det en oro för vattenkvaliteten och folkhälsan att det går att exponeras för bakterier som bär dessa på gener, menar Foon. Med tanke på att antibiotikaresistensgener är en ny klass av förorening, behöver vi spåra deras källor och minska deras förekomst i vattenmiljöer. Det är särskilt viktigt för Uppsala och Västerås där förekomsten av dessa gener var stor, avslutar Foon.

7.10 Senaste nytt från PFAS-forskningen

Vi vet sedan länge att vi kan upptäcka PFAS överallt i vatten- och markmiljön över hela världen. Det mest överraskande resultatet är dock att de lägsta PFAS-nivåer vi kan mäta i miljön – även i avlägsna regioner eller nederbörd – ligger nära de nya riktvärden för dricksvatten för PFAS som kommer att implementeras i Sverige 2026, berättar **Lutz Ahrens**.

Från våra forskningsstudier har vi lärt oss att varje behandlingsteknik har sina fördelar och nackdelar, så kombinationen av olika behandlingstekniker är oftast den bästa lösningen. I mitt nya projekt, SIDWater, utvecklar vi nya innovativa reningsprocesser för PFAS, löst organiskt material och andra nya föroreningar för att säkerställa hållbarheten för den kommunala dricksvattenförsörjningen och vattenåteranvändning, fortsätter Lutz.

För MVVF:s medlemmar och Mälaren är det viktigt att veta att det finns effektiva behandlingstekniker för PFAS och andra framväxande föroreningar och det är viktigt att införa dessa reningstekniker vid de huvudsakliga utsläppsområdena för PFAS som brandutbildningsplatser, avloppsreningsverk, deponier och andra industrier för att skydda vattenmiljöer som Mälaren. Det är dock viktigt att testa behandlingsteknikerna på plats eftersom lokala förhållanden, samt typ och mängd av utsläppet ger behov av plats-specifika lösningar.

Vi behöver en bättre övervakning av PFAS i Mälaren, som är vår största dricksvattenreservoar i Sverige. Nya riktvärden för dricksvatten kommer att implementeras i Sverige 2026, och vi måste vara redo att förstå effekten av PFAS-utsläpp i vårt dricksvattentäktsområde och ha en tydlig strategi för implementering av nya reningstekniker för avlägsnande av PFAS och andra nya föroreningar, avslutar Lutz Ahrens.

Referenser

- Bjelke U (2024) Invasion av främmande kräftdjur i Mälaren och Vättern. SLU Artdatabanken rapporterar 33. Uppsala: SLU Artdatabanken.
https://www.artdatabanken.se/globalassets/ew/subw/artd/6-publikationer/43--kraftdjur/klar_invasion_frammande_kraftdjur.pdf
- Drakare S, Wallman K, Segersten J & Köhler S (2021) Fokus på Mälaren 2020. Sammanfattande resultat från miljöövervakning och forskningsprojekt knutna till samarbetet mellan SLU och Mälarens vattenvårdsförbund. SLU, Vatten och miljö: Rapport 2021:10.
https://pub.epsilon.slu.se/23822/1/drakare_s_et_al_210526.pdf
- Drakare S, Wallman K & Segersten J (2022) Fokus på Mälaren 2021. Sammanfattande resultat från miljöövervakning och forskningsprojekt knutna till samarbetet mellan SLU och Mälarens vattenvårdsförbund. SLU, Vatten och miljö Rapport 2022:3. <https://pub.epsilon.slu.se/27714/1/drakare-s-et-al-220505.pdf>
- Drakare S, Wallman K, Segersten J & Djodjic F (2023) Fokus på Mälaren 2022. Sammanfattande resultat från miljöövervakning och forskningsprojekt knutna till samarbetet mellan SLU och Mälarens vattenvårdsförbund. SLU, Vatten och miljö: Rapport 2023:07, Mälarens vattenvårdsförbund rapport 2023:03.
<https://pub.epsilon.slu.se/31079/1/drakare-s-et-al-20230602.pdf>
- Fölster F, Markensten H, Sandström S & Widén-Nilsson E (2021) Förslag till bedömningsgrunder för näringsämnen i sjöar och vattendrag. SLU, Vatten och miljö: Rapport 2021:15.
https://pub.epsilon.slu.se/26243/1/folster_j_et_al_220113.pdf
- Havs- och vattenmyndigheten (2022) Bedömningsgrunder för ytvattenförekomster. Näringsämnen i sjöar. Beslutad 2022-09-19.
<https://www.havochvatten.se/download/18.1941c10a183b44902b66b96f/1665739524570/vagledning-1-naringsammen-i-sjoar.pdf>
- Naturvårdsverket (2007) Status, potential och kvalitetskrav för sjöar, vattendrag, kustvatten och vatten i övergångszon. En handbok om hur kvalitetskrav i ytvattenförekomster kan bestämmas och följas upp. Handbok 2007:4 Utgåva 1.
<https://www.havochvatten.se/download/18.46487e7a18f8b98561922a3c/1716215218425/nv-handbok-2007-4-status-potential-och-kvalitetskrav-620-0147-6.pdf>
- SGU (2023) Trender för klorid. Trender i grundvattenkemi. Miljöövervakning av grundvatten. Hämtat från SGU:s webbplats 2024-07-05.
<https://www.sgu.se/grundvatten/trender-i-grundvattenkemi/trender-for-klorid/>
- von Brömssen C, Betnér S., Fölster J. & Eklöf K. (2021). A toolbox for visualizing trends in large-scale environmental data. *Environmental Modelling and Software*. 136, 104949. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104949>.

Bilaga 1 Provplatser i Mälaren

Lista över 33 aktiva provtagningsstationer i Mälaren sorterade från väst och norr till sydost och utloppet i Stockholm. Vattenförekomstnamn samt information om hur ofta provtagningen (antal gånger per år) sker för fysikalisk-kemiska variabler (Fys-kem), växtplankton (VP), djurplankton (ZP), och bottenfauna (BF). Med frekvens 0,5 menas att provtagning sker vartannat år.

Stationsnamn (sedan 2017)	Vattenförekomstnamn	Fys-kem	VP	ZP	BF
Köpingsviken	Mälaren - Köpingsviken	1			
Galten	Mälaren - Galten	6	5	4	1
Brobyviken	Mälaren - Brobyviken	1	0,5		
Freden	Mälaren - Freden	1			
Väsbyviken	Mälaren - Väsbyviken	1	0,5		
Blacken	Mälaren - Blacken	6	0,5		
Västeråsfjärden	Mälaren - Västeråshamn	6	0,5		
Västeråsfjärden S	Mälaren - Västeråsfjärden	1	0,5		
Granfjärden	Mälaren - Granfjärden	6	5	4	1
Sörfjärden	Mälaren - Sörfjärden	1	0,5		
Oxfjärden	Mälaren - Oxfjärden	1	0,5		
Strängnäsfiärden	Mälaren - Gisselfjärden	1	0,5		
Ulvhällsfjärden	Mälaren - Tynnelsöfjärden	6			
Svinnegarnsviken	Mälaren - Arnöfjärden	6			
Arnöfjärden	Mälaren - Arnöfjärden	1	0,5		
Marielundsfjärden	Mälaren - Marielundsfjärden	1	0,5		
Gripsholmsviken	Mälaren - Gripsholmsviken	1	0,5		
Prästfjärden	Mälaren - Prästfjärden	6			
Södra Björkfjärden	Mälaren - Prästfjärden	6	5	4	1
Långtarmen	Mälaren - Långtarmen	1	0,5		
Rödstensfjärden	Mälaren - Rödstensfjärden	1			
Stora Ullfjärden	Mälaren - Stora Ullfjärden	1	0,5		
Gorran	Mälaren - Gorran	1	0,5		
Lärstaviken	Mälaren - Lärstaviken	1	0,5		
Ekoln	Mälaren - Ekoln	6	5	4	1
Skofjärden	Mälaren - Skofjärden	1	0,5		
Garnsviken	Mälaren - Garnsviken	1			
Skarven	Mälaren - Skarven	6			
Görvåln	Mälaren - Görvåln	6	5	4	1
Hillehögsviken	Mälaren - Hillehögsviken	1	0,5		
Fiskarfjärden	Mälaren - Fiskarfjärden	1			
Ulvsundasjön	Mälaren - Ulvsundasjön	1			
Årstaviken	Mälaren - Årstaviken	1			